



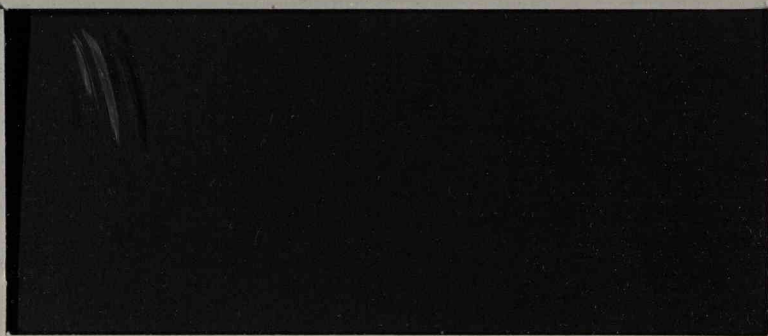
## WORKING PAPERS

W.P. n. 25

UN'ANALISI, CON IL MODELLO RAMOS,  
DELLA STRUTTURA SPAZIALE DEL SERVI-  
ZIO SANITARIO REGIONALE: IL CASO DEL  
PIEMONTE

*R. Tadei (\*) - T. Gallino (\*) - C. Salomone (\*\*)*





Indice

W.P. n. 25

UN'ANALISI, CON IL MODELLO RAMOS,  
DELLA STRUTTURA SPAZIALE DEL SERVI-  
ZIO SANITARIO REGIONALE: IL CASO DEL  
PIEMONTE

R. Tadei (\*) - T. Gallino (\*) - C. Salomone (\*\*)

1. Introduzione	pag. 1
2. Il modello RAMOS	" 1
3. Gli input necessari per la calibrazione	" 4
4. L'applicazione del modello al Piemonte	" 7
5. L'analisi degli output della calibrazione nella versione originale	" 13
6. L'analisi degli output della calibrazione nella versione finale	" 30
7. Ulteriori approfondimenti	" 52
8. Conclusioni	" 54
Bibliografia	" 55
Allegato: Input	" 56

Settembre 1983

Studio condotto nell'ambito della Ricerca Sanitaria Finalizzata "Predisposizione e prime sperimentazioni di metodologie per la ripartizione spazializzata delle risorse sanitarie" finanziata dalla Regione Piemonte con deliberazione del 6.7.1982, n. 98-17230.

(\*) IRES — Istituto Ricerche Economico-Sociali del Piemonte, Via Bogino 21, Torino

(\*\*) CERIS — Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo del CNR, Via Avogadro 8, Torino





## Riassunto

## Indice

1. Introduzione	pag. 1
2. Il modello RAMOS	" 1
3. Gli input necessari per la calibrazione	" 4
4. L'applicazione del modello al Piemonte	" 7
5. L'analisi degli output della calibrazione nella versione originale	" 13
6. L'analisi degli output della calibrazione nella versione finale	" 30
7. Ulteriori approfondimenti	" 52
8. Conclusioni	" 54
Bibliografia	" 55
Allegato: Input	" 56

Parole chiave: modelli di interazione spaziale, accessibilità, metodi di calibrazione, analisi degli output.





## 1. Introduzione

### Riassunto

In questo lavoro viene presentata una sperimentazione, al caso del Piemonte, di un modello per l'allocazione spaziale delle risorse sanitarie: RAMOS (Mayhew, Taket, 1980).

Dopo aver brevemente descritto la teoria che sta alla base di tale modello, viene presentata e discussa la sua applicazione alla Regione Piemonte. Dall'analisi dei risultati dell'applicazione si deduce l'opportunità di effettuare alcune modifiche al modello originale al fine di aumentarne le potenzialità di analisi e di piano.

Vengono presentati e discussi i risultati dell'applicazione del modello opportunamente modificato. In conclusione, vengono individuate alcune linee di approfondimento teorico che costituiscono oggetto di ricerca futura.

Parole chiave: modelli di interazione spaziale, accessibilità, metodi di calibrazione, analisi degli output.

## 2. Il modello RAMOS

Il modello RAMOS è stato costruito allo IASA di Mayhew e Taket (1980). È uno strumento per l'analisi della distribuzione spaziale della domanda di servizi sanitari in funzione della mobilità della popolazione, dell'ammontare dell'offerta e dell'accessibilità in termini di tempo della popolazione ai servizi sanitari.





## 1. Introduzione

Il modello RAMOS (Mayhew, Taket, 1980), di cui qui si riporta un'applicazione alla Regione Piemonte, è un modello di interazione spaziale per l'analisi della distribuzione della domanda di servizi sanitari in funzione di scenari di offerta diversi.

Nel paragrafo 2. viene illustrata la teoria su cui si fonda RAMOS, che è quella dei modelli gravitazionali semplicemente vincolati, e si mostrano le potenzialità ed i limiti delle due possibili versioni: ad attrazione vincolata ed a generazione vincolata.

Ambedue le versioni sono state considerate da Mayhew e Taket e per queste sono stati predisposti programmi di calibrazione e di uso.

In questo lavoro vengono presentati i risultati della calibrazione di RAMOS nella sua versione originale e nella versione da noi modificata. Per fare ciò, nel paragrafo 3. viene illustrato il tipo di input necessario per la calibrazione e nel paragrafo 4. vengono descritti l'area geografica utilizzata nella sperimentazione e gli input usati. Nel paragrafo 5. vengono analizzati i risultati della calibrazione nella versione originale.

Dall'analisi di questi risultati sorge l'esigenza di effettuare alcune modifiche sia di carattere sostanziale sia di carattere formale, pervenendo alla versione finale di RAMOS che verrà presentata e discussa nel paragrafo 6. Nel paragrafo 7. vengono descritti ulteriori approfondimenti che si possono apportare al modello RAMOS. Alcuni di questi sono stati sondati in questa sperimentazione, altri vengono proposti come oggetto di ricerca futura.

## 2. Il modello RAMOS

Il modello RAMOS è stato costruito allo IIASA da Mayhew e Taket (1980). Esso costituisce uno strumento per l'analisi della distribuzione spaziale della domanda di servizi sanitari in funzione della mobilità della popolazione, dell'ammontare dell'offerta e dell'accessibilità (in termini di tempo) della popolazione ai servizi sanitari.

Formalmente, RAMOS appartiene alla famiglia dei modelli gravitazionali semplicemente vincolati (Wilson, 1974). La formulazione matematica che di questo modello è stata data è la seguente:

$$T_{ij} = B_j D_j W_i \exp(-\beta c_{ij}) \quad (1)$$

ove :

$T_{ij}$  = flusso di pazienti dalla zona residenziale  $i$  alla zona  $j$ , sede di servizio sanitario (che d'ora in poi chiameremo per semplicità ospedale);

$D_j$  = capacità dell'ospedale in  $j$ ;

$W_i$  = fattore di generazione dei pazienti, in  $i$ ;

$c_{ij}$  = tempo di viaggio o distanza tra  $i$  e  $j$ ;

$\beta$  = parametro di sconto spaziale da determinare sperimentalmente;

$$B_j = \left( \sum_i W_i \exp(-\beta c_{ij}) \right)^{-1} \quad (2)$$

fattore che assicura il rispetto del vincolo:

$$\sum_i T_{ij} = D_j \quad (3).$$

Come si può facilmente vedere dalla (1), il numero di pazienti che vanno dalla zona residenziale  $i$  all'ospedale in  $j$  è direttamente proporzionale alla capacità  $D_j$  dell'ospedale in  $j$ , al fattore di generazione dei pazienti  $W_i$  nella zona  $i$ , ed inversamente proporzionale alla distanza (misurata, in generale, in tempo di viaggio) tra la zona  $i$  e la zona  $j$ .

Inoltre dall'equazione (3) risulta evidente che il modello (1), che ricordiamo essere un modello semplicemente vincolato, è ad attrazione vincolata. In altri termini, la capacità dell'ospedale in  $j$  viene completamente utilizzata.

Un chiaro limite del modello (1) è costituito dal fatto che, all'aumentare della capacità,  $D_j$ , dell'ospedale in  $j$ , aumenta il numero di pazienti,



fino alla saturazione di tale capacità. Un tale fenomeno potrebbe forse essere riscontrato, nella realtà, per particolari servizi sanitari, come ad esempio la medicina preventiva, ma non certamente per la cura di malattie che richiedono il ricovero in ospedale. In altri termini, la popolazione non si ammala di più se l'offerta di ospedali è maggiore!

Una situazione più realistica, in cui la domanda di servizi sanitari non è funzione dell'offerta dei servizi stessi ma viene comunque sempre soddisfatta, potrebbe essere descritta dal seguente modello:

$$T_{ij} = A_i S_i Z_j \exp(-\beta c_{ij}) \quad (4)$$

ove:

$T_{ij}, \beta, c_{ij}$  hanno lo stesso significato che in (1);

$S_i$  = numero di pazienti uscenti da  $i$ ;

$Z_j$  = fattore di attrazione dell'ospedale in  $j$ ;

$$A_i = \left( \sum_j Z_j \exp(-\beta c_{ij}) \right)^{-1} \quad (5)$$

fattore che assicura il rispetto del vincolo:

$$\sum_j T_{ij} = S_i \quad (6).$$

Come risulta evidente, il modello (4) è ancora un modello semplicemente vincolato, ma questa volta è a produzione vincolata. In altri termini, tutta la domanda di servizi sanitari viene soddisfatta ripartendosi in maniera direttamente proporzionale ai fattori di attrazione del servizio sanitario in  $j$  ed inversamente proporzionale alla distanza tra  $i$  e  $j$ . Come è ovvio, in questo caso, non viene garantito il rispetto del vincolo dell'offerta, cioè, in qualche zona, può verificarsi il caso in cui la domanda ad

essa indirizzata sia superiore all'offerta di servizi sanitari presenti in tale zona.

Ambedue i modelli (1) e (4) sono stati presi in considerazione nel lavoro di Mayhew e Taket. Per questi sono stati costruiti dei programmi di calibrazione e di uso.

In questo nostro lavoro presenteremo gli output della calibrazione del modello nella sua versione originale e nella versione da noi modificata, con riferimento alla Regione Piemonte. Nel paragrafo 3. verranno illustrati gli input necessari per la calibrazione sia del modello (1) sia del modello (4).

### 3. Gli input necessari per la calibrazione

La calibrazione dei modelli (1) e (4) consiste nella determinazione del parametro di sconto spaziale  $\beta$ . Il valore di tale parametro si ottiene come radice dell'equazione:

$$C(\beta) = \bar{C} \quad (7)$$

ove:

$C(\beta)$  è il costo medio di viaggio calcolato;

$\bar{C}$  è il costo medio di viaggio osservato.

Per  $C(\beta)$  vale l'espressione:

$$C(\beta) = \frac{\sum_{ij} T_{ij} (\beta) c_{ij}}{\sum_{ij} \bar{T}_{ij}} \quad (8)$$



ove :

$T_{ij}(\beta)$  e  $c_{ij}$  hanno lo stesso significato che in (1);

$\bar{T}_{ij}$  è il flusso osservato di pazienti da  $i$  a  $j$ .

Per  $\bar{C}$  vale ovviamente l'espressione:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{ij} \bar{T}_{ij} c_{ij}}{\sum_{ij} \bar{T}_{ij}} \quad (9).$$

Per poter utilizzare la (7) occorrono le seguenti quantità:  $T_{ij}(\beta), \bar{T}_{ij}, c_{ij}$ . Le quantità  $\bar{T}_{ij}$  e  $c_{ij}$  sono indipendenti dal modello che si intende utilizzare [ (1) o (4) ].

In particolare:

$\bar{T}_{ij}$  è il numero di ricoverati nell'ospedale in  $j$ , provenienti dalla zona residenziale  $i$  (detto valore è in genere reperibile dalle statistiche degli ospedali);

$c_{ij}$  è il tempo di viaggio, espresso in minuti per accedere all'ospedale  $j$ , provenendo da  $i$ .

La quantità  $T_{ij}(\beta)$  dipende dal modello che si intende utilizzare.

Nel caso del modello (1), bisogna calcolare la quantità  $D_j$  e  $W_i$ .

Ricordiamo che  $D_j$  è la capacità dell'ospedale in  $j$ . Per l'ipotesi fatta la capacità  $D_j$  è completamente utilizzata ed in sede di calibrazione assume il valore :

$$D_j = \sum_i \bar{T}_{ij} \quad (10).$$

La quantità  $W_i$  è il fattore di generazione dei pazienti in  $i$ . Esso dovrebbe essere il risultato di un'analisi di morbidità della popolazione. In mancanza di tale analisi si può utilizzare in sede di calibrazione il seguente valore:

$$W_i = \sum_j \bar{T}_{ij} \quad (11).$$

Nel caso del modello (4), bisogna calcolare le quantità  $S_i$  e  $Z_j$ .

Ricordiamo che  $S_i$  è il numero di pazienti in  $i$  ed in sede di calibrazione assume il seguente valore:

$$S_i = \sum_j \bar{T}_{ij} \quad (12).$$

La quantità  $Z_j$  è il fattore di attrazione dell'ospedale in  $j$ .

Mayhew e Taket (1980) assumono:

$$Z_j = \sum_i \bar{T}_{ij} \quad (13).$$

A nostro avviso è discutibile che il numero di ricoverati possa costituire un'attrazione per nuovi ricoveri. Inoltre, così facendo, ed è questo l'inconveniente principale, non esisterebbe alcuna variabile di controllo per l'operatore pubblico. In altre parole, volendo utilizzare il modello (4) in sede di piano, non esisterebbe alcuna variabile sulla quale l'operatore pubblico possa agire per modificare la distribuzione della domanda di ospedali. Proponiamo dunque di assumere:

$$Z_j = N_j \quad (14)$$

ove:

$N_j$  è il numero di posti letto dell'ospedale in  $j$ .

In questo modo l'attrazione dell'ospedale dipende dalla sua dimensione, il che è intuitivamente accettabile, ma soprattutto introduciamo una variabile, i posti letto, sulla quale l'operatore pubblico può agire per ridistribuire la domanda.



#### 4. L'applicazione del modello al Piemonte

##### Descrizione dell'area

L'area geografica sulla quale viene sperimentata l'applicazione di questo modello è costituita dalla Regione Piemonte.

Un'apposita legge regionale ha suddiviso il Piemonte in 76 zone, definite Unità Locale dei Servizi (ULS), che rappresentano la dimensione territoriale sulla quale si articola il complesso integrato di tutti i servizi di base e quindi anche dei servizi sanitari.

Per l'applicazione del modello RAMOS, si è effettuata un'aggregazione delle ULS tale da ridurre il numero di zone a 25 (cfr.: figura 1), secondo quanto segue:

zona	ULS
1 Torino	1-23
2 Rivoli	24-26, 34
3 Lanzo	27, 37
4 Chivasso	28, 29, 39
5 Moncalieri	30-33
6 Susa	35, 36
7 Cuorgnè	38
8 Ivrea	40, 41
9 Pinerolo	42-44
10 Vercelli	45, 46
11 Biella	47, 48
12 Borgosesia	49, 50
13 Novara	51, 52
14 Arona	53, 54
15 Verbania	55, 57

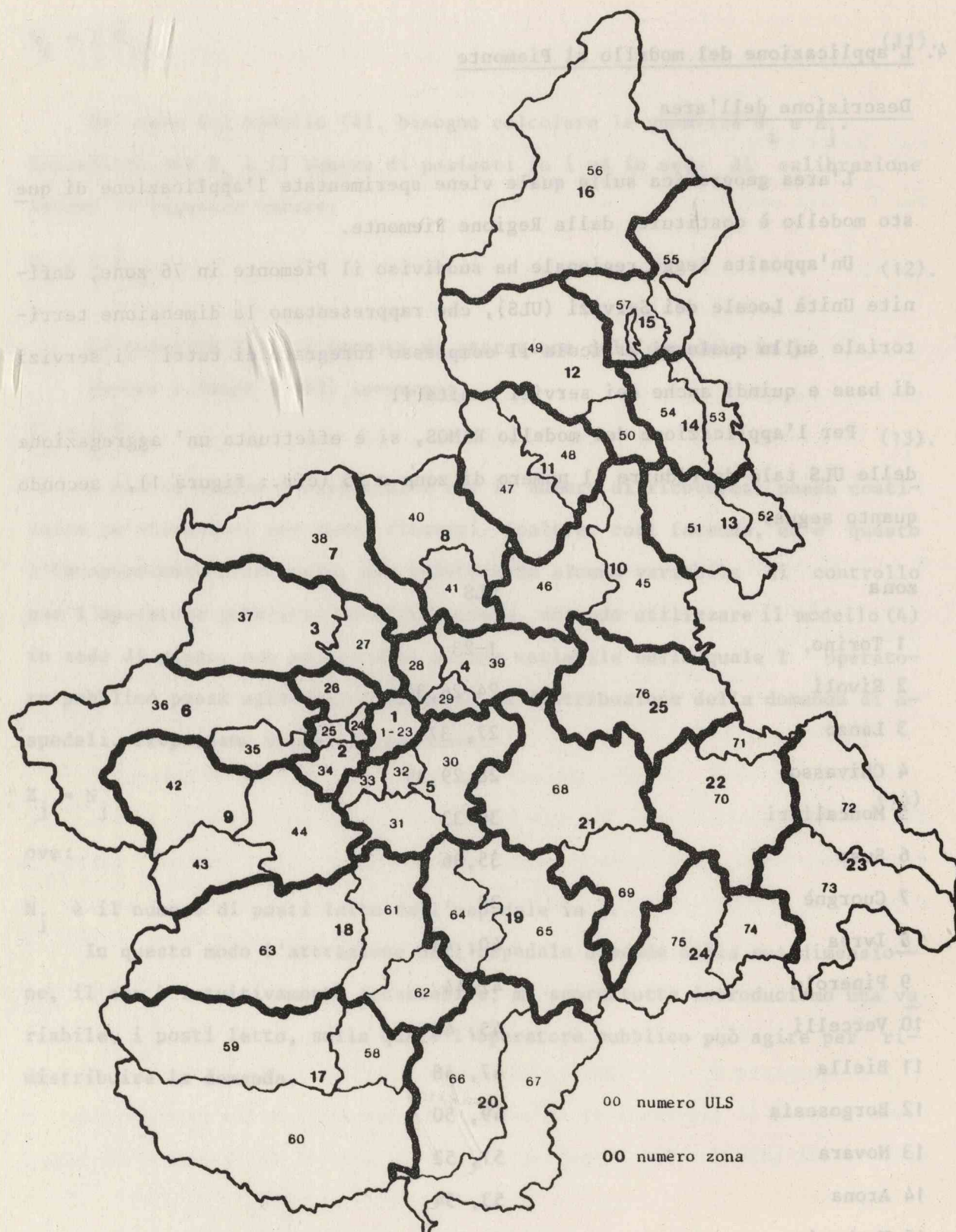


Figura 1 - Articolazione secondo ULS e aggregazione in zone



zona	ULS
16 Domodossola	56
17 Cuneo	58-60
18 Saluzzo	61-63
19 Alba	64, 65
20 Mondovì	66, 67
21 Asti	68, 69
22 Alessandria	70, 71
23 Tortona	72, 73
24 Acqui Terme	74, 75
25 Casale Monferrato	76.

Con il modello RAMOS, è possibile anche una analisi dei risultati in forma aggregata; detta aggregazione è stata operata in modo tale da ricondurre la zonizzazione coincidente con i comprensori in cui è suddivisa la Regione Piemonte. L'unica eccezione è costituita dal comprensorio di Torino, il quale è stato scisso in due parti, la prima costituita dal solo comune di Torino, la seconda dal resto del comprensorio. Si è così ottenuta una ulteriore articolazione del Piemonte, per la sola presentazione dei risultati, costituita da 16 zone (cfr.: figura 2), secondo quanto segue:

zona aggregata (distretto)	zona	ULS
1 Torino	1	1-23
2 Resto comprensorio di Torino	2-7	24-39
3 Ivrea	8	40, 41
4 Pinerolo	9	42-44
5 Vercelli	10	45, 46

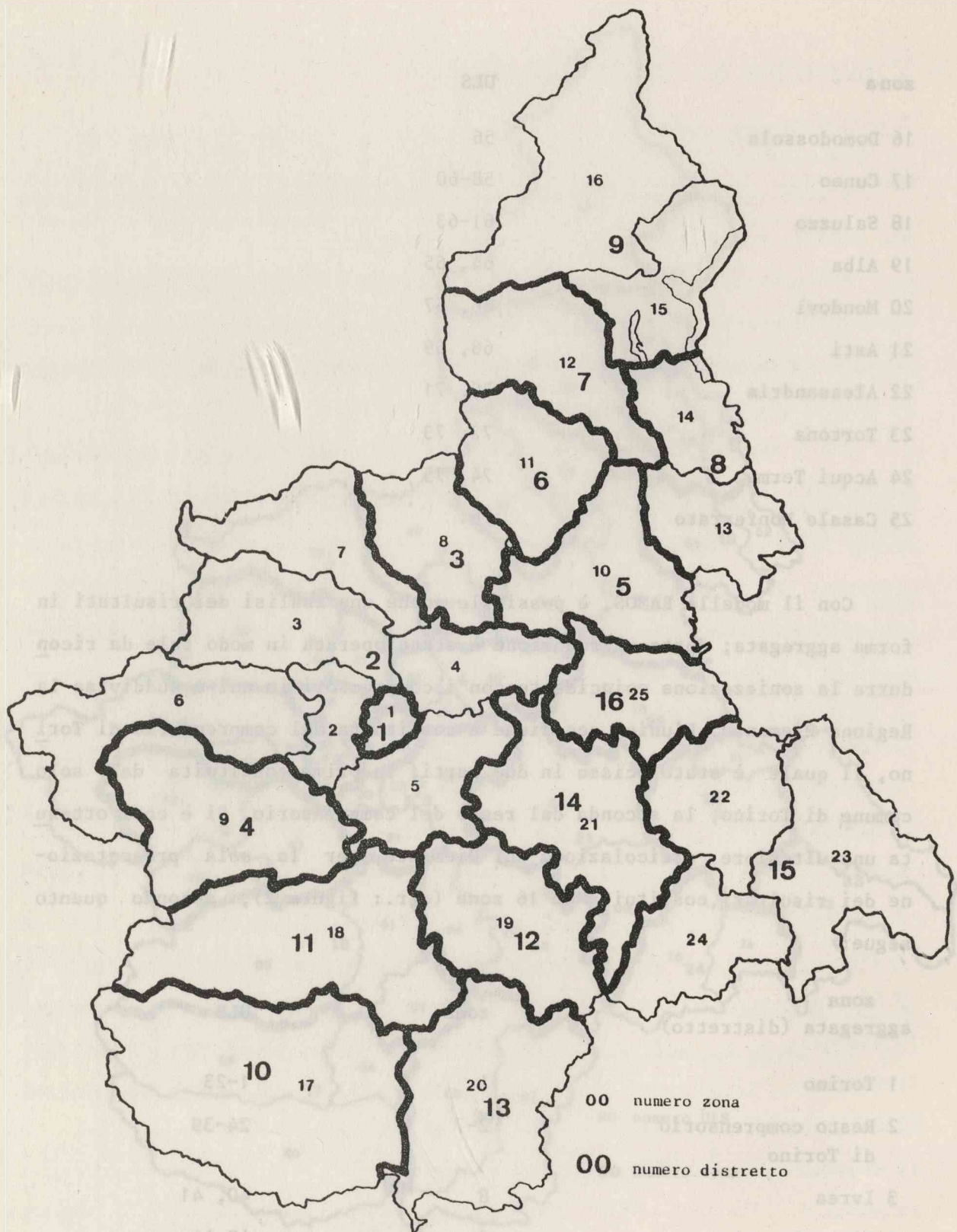


Figura 2 - Articolazione secondo zone e aggregazione in distretti



zona aggregata	zona	ULS
6 Biella	11	47, 48
7 Borgosesia	12	49, 50
8 Novara	13, 14	51-54
9 Verbania	15, 16	55-57
10 Cuneo	17	58-60
11 Saluzzo-Savigliano-Fossano	18	61-63
12 Alba-Bra	19	64, 65
13 Mondovì	20	66, 67
14 Asti	21	68, 69
15 Alessandria	22-24	70-75
16 Casale Monferrato	25	76.

#### Input necessari

L'articolazione del territorio piemontese in zone è stata operata tenendo conto, oltre che delle finalità di analisi e previsive del modello che qui viene sperimentato, anche della possibilità di poter disporre nel modo più completo e significativo di tutti i dati necessari come input per l'applicazione del modello.

La calibrazione del modello è stata effettuata con riferimento all'anno 1976, utilizzando anche le informazioni statistiche concernenti gli ospedali rilevate dall'Assessorato alla Sanità della Regione Piemonte. In allegato vengono presentati nel dettaglio e qui brevemente descritti gli input che sono stati utilizzati per questa sperimentazione; essi sono:

- capacità (o fattore) di generazione di pazienti;
- capacità (o fattore) di attrazione di pazienti;

- popolazione residente nelle zone di origine;
- popolazione residente nelle zone di destinazione;
- flusso di pazienti dalla zona di residenza alla zona di ricovero;
- costo (tempo di viaggio) per recarsi dalla zona di residenza a quella di ricovero.

Per capacità (o fattore) di generazione di una zona si è inteso il numero di persone (pazienti) residenti nella stessa che abbiano subito un ricovero in una qualsiasi zona del Piemonte.

La capacità (o fattore) di attrazione è stata misurata con due para-metri diversi, a seconda del tipo di modello: per il modello ad attrazione vincolata (modello (1)), per capacità di attrazione di una zona si è inteso il numero di persone (pazienti) che sono state ricoverate nella stessa e che risiedono in una qualsiasi zona del Piemonte; per il modello a produ-zione vincolata (modello (4)) per capacità di attrazione di una zona si è inteso il numero di posti letto presenti nelle strutture ospedaliere della zona stessa.

Per quanto riguarda la popolazione residente, è stata utilizzata quella relativa al 1 gennaio 1976, essendo le altre informazioni relative all'anno 1976. Inoltre, in questa sperimentazione, si è assunto che l'insieme delle zone di origine e delle zone di destinazione sia lo stesso.

La matrice dei flussi origine/destinazione (O/D) è stata determinata analizzando le informazioni statistiche relative ai ricoverati nei vari ospedali di ogni zona (destinazione), dalle quali si è rilevata, in base al comune di residenza, la zona di provenienza (origine).

Per costo di spostamento si è inteso il tempo di viaggio necessario (in questo caso con il mezzo privato) per recarsi da una zona ad un' altra; si è perciò determinato il baricentro di ogni zona e facendo riferimento al sistema delle comunicazioni esistenti si è individuata la rete



di connessione tra gli stessi e le relative distanze; ai fini di una più significativa rappresentazione del "costo", si è passati dalla distanza al tempo di percorrenza, ottenendo così la matrice dei costi di trasporto utilizzata.

#### 5. L'analisi degli output della calibrazione nella versione originale

In questo paragrafo vengono presentati i risultati della calibrazione dei modelli (1) e (4) nella versione Mayhew, Taket (1980). Dall'analisi di questi risultati sorge l'esigenza di introdurre alcune modifiche. Queste modifiche ed i conseguenti output della calibrazione vengono presentati e discussi nel paragrafo 6.

Incominciamo col presentare una serie di output comuni ai modelli (1) e (4).

In figura 3 vengono riportati i valori dei parametri utilizzati per i modelli (1) e (4), nella versione originale. Il significato dei vari parametri è facilmente deducibile dalla lettura della figura. Facciamo solo notare, che, con riferimento al modello (4), si dovrà apportare una modifica al parametro indicante il tipo di modello; esso assumerà il valore 2, in quanto il modello (4) è a generazione (produzione) vincolata.

##### Modello (1)

Ricordiamo che il modello (1) è un modello gravitazionale ad attrazione vincolata. Come è stato detto nel paragrafo 3. la calibrazione di questo modello consiste nella determinazione del parametro  $\beta$ , noto il valore  $\bar{C}$  del tempo medio di viaggio osservato, chiamato "actual mean cost" in figura 4. Il valore di  $\beta$ , che ricordiamo essere la radice dell'equazio-

# DETAILS OF RUN

```

RUN TITLE          GRAVITY MODEL TRIAL RUN
                   ALL SPECIALTIES
                   GENERATING FACTORS AGE-SEX WEIGHTED POPULATIONS

25  N NUMBER OF ORIGIN ZONES
25  M NUMBER OF DESTINATION ZONES
25  NZ NO OF ORIGINS USED IN CALIBRATION
25  MZ NO OF DESTINATIONS USED IN CALIBRATION
16  ND NO OF DISTRICTS AFTER AGGREGATION
2   IC TYPE OF MODEL  1 SINGLE MODE COST=DISTANCE (CENTROIDS SUPPLIED)
                      2 SINGLE MODE COST=DISTANCE (MATRIX SUPPLIED) OR COST=PRIVATE TRANSPORT TIMES
                      3 SINGLE MODE COST=PUBLIC TRANSPORT TIMES
                      4 TWO MODES,PUBLIC AND PRIVATE,COST=TRANSPORT TIMES

1   TYPE OF MODEL  1=ATTRACTION CONSTRAINED,2=PRODUCTION CONSTRAINED
1   TYPE OF RUN  1=CALIBRATION,2=PREDICTION
1   KPN OUTPUT OF ACTUAL TRIP MATRIX
1   KPT OUTPUT OF PREDICTED TRIP MATRIX
1   KPC OUTPUT OF COST MATRIX(S)
1   JP OUTPUT OF RESULTS FOR ORIGINS AND DESTINATIONS
1   IS 1=STATISTICS REQUIRED FOR EVERY STEP IN CALIBRATION
      2=STATS REQUIRED ONLY FOR FINAL STEP IN CALIBRATION
1   JS FINAL STATISTICS FOR PREDICTION RUN
1   JG GRAPHICS
1   JE ELASTICITIES
1   JQ TIJ TO PERM FILE
  
```

Figura 3 - Valori dei parametri per il modello (1), nella versione originale



ne (7), viene ottenuto mediante la formula iterativa di Hyman (1969):

$$\beta^{n+1} = \beta^n + \frac{(\bar{C} - C^n) (\beta^n - \beta^{n-1})}{(C^n - C^{n-1})} \quad (15)$$

ove con n si indica l'iterazione n.esima.

La (15) necessita di due approssimazioni iniziali di  $\beta$ ,  $\beta^1$  e  $\beta^2$ .  $\beta^1$  viene fornito come input e vale (cfr.: fig. 4) 0.10000, mentre  $\beta^2$  viene calcolato dal programma mediante la formula:

$$\beta^2 = \beta^1 \frac{C^1}{\bar{C}} \quad (16)$$

ove  $C^1 = C(\beta^1)$

Dopo sole quattro iterazioni viene trovato il valore finale di  $\beta$ , che vale 0.10612. A questo valore di  $\beta$  corrisponde un tempo medio di viaggio di 25.81131 minuti che si discosta dal tempo medio di viaggio osservato per meno del valore di tolleranza prefissato.

In figura 4 vengono inoltre fornite alcune statistiche relative alla calibrazione.

Esse sono, nell'ordine:

a. Chi-quadro

$$\chi^2 = \sum_{ij} \frac{(\bar{T}_{ij} - T_{ij})^2}{T_{ij}}, \text{ per } T_{ij} \neq 0;$$

b. Scarto quadratico medio

$$\sigma = \sqrt{\sum_{ij} \frac{(\bar{T}_{ij} - T_{ij})^2}{N}}, \text{ ove } N = \text{numero di caselle della matrice per le quali } D_j \neq 0;$$

c. Coefficiente di correlazione

$$r^2 = \frac{(\sum_{ij} \bar{T}_{ij} T_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{ij} \bar{T}_{ij} \sum_{ij} T_{ij})^2}{\sum_{ij} \bar{T}_{ij}^2 - \frac{1}{N} (\sum_{ij} \bar{T}_{ij})^2 \cdot \sum_{ij} T_{ij}^2 - \frac{1}{N} (\sum_{ij} T_{ij})^2}$$

d. Coefficienti della retta di regressione  $y = a + bx$

$$a = \frac{\sum_{ij} T_{ij} \sum_{ij} \bar{T}_{ij}^2 - \sum_{ij} \bar{T}_{ij} \sum_{ij} \bar{T}_{ij} T_{ij}}{N \sum_{ij} \bar{T}_{ij}^2 - (\sum_{ij} \bar{T}_{ij})^2}$$

$$b = \frac{N \sum_{ij} \bar{T}_{ij} T_{ij} - \sum_{ij} \bar{T}_{ij} \sum_{ij} T_{ij}}{N \sum_{ij} \bar{T}_{ij}^2 - (\sum_{ij} \bar{T}_{ij})^2}$$

e. Errore assoluto medio

$$e = \frac{\sum_{ij} |\bar{T}_{ij} - T_{ij}|}{N}$$

f. Errore assoluto medio percentuale

$$pe = \frac{\sum_{ij} \frac{|\bar{T}_{ij} - T_{ij}|}{\bar{T}_{ij}}}{M} \cdot 100, \text{ ove } M = \text{numero di caselle della matrice con } \bar{T}_{ij} \neq 0.$$



Dall'analisi delle statistiche di figura 4 si riconosce una elevata aderenza tra i flussi osservati ed i flussi calcolati utilizzando il valore calibrato del parametro  $\beta$ .

In figura 5 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine dei viaggi, cioè alle zone residenziali. Nella prima colonna sono riportati i nomi delle 25 zone di origine, mentre nella seconda colonna ci sono i valori dei fattori di generazione dei pazienti  $W_i$ , definiti dalla (11). Si ricorda che questi valori sono degli input e che, per la (1) i  $W_i$  sono definiti a meno di una costante moltiplicativa. Questa proprietà verrà successivamente utilizzata per introdurre una normalizzazione di tali fattori (cfr.:fig. 15).

La terza colonna non viene utilizzata in questa versione del modello e potrà venire eliminata nella versione finale (cfr.: fig. 15). La quarta colonna riporta i valori della popolazione residente in ogni zona; anche questi sono valori di input, che non intervengono però nella formulazione del modello.

Nella quinta colonna abbiamo un output del modello: i casi previsti, cioè il numero dei residenti in ogni zona che vengono ricoverati in un qualche ospedale dell'area di studio. Nella sesta colonna vengono riportati i tassi di ospedalizzazione per zona, cioè il numero di persone che vengono ricoverate ogni 1000 abitanti. Si può notare che tale valore è notevolmente diverso da zona a zona. Ciò dipende sia dall'accessibilità della popolazione agli ospedali (misurata dai tempi di viaggio e dal parametro  $\beta$ ), sia dai fattori di generazione dei pazienti, per la cui corretta individuazione bisogna costruire, come è già stato detto, un modello di morbidità della popolazione.

Nell'ultima colonna vengono riportati gli errori nei tassi di ospedalizza-

## ALL SPECIALTIES

## GENERATING FACTORS AGE-SEX WEIGHTED POPULATIONS

ACTUAL MEAN COST 25.81046

## CALIBRATION

ITERATION	PARAMETER	MEAN COST	CHISQUARE	RMS ERROR	K SQUARE	REGRESSION COEFFS	MEAN ABS ER	MEAN ABS PC ER
1	0.10000	26.35423	0.706435E+07	1766.	.9376	-23.52	1.022	573.5
2	0.10211	26.15945	0.936051E+07	1760.	.9390	-30.27	1.028	566.6
3	0.10588	25.83144	0.158559E+08	1750.	.9414	-41.97	1.039	554.5
4	0.10612	25.81131	0.164147E+08	1750.	.9416	-42.71	1.039	553.8
								262.2

Figura 4 - La calibrazione del parametro  $\beta$  per il modello (1), nella versione originale

## GRAVITY MODEL TRIAL RUN

## ALL SPECIALTIES

## GENERATING FACTORS AGE-SEX WEIGHTED POPULATIONS

ORIGIN	PATIENT	GENERATING FACTORS	RESIDENT POPULATION	PREDICTED CASES	HOSPITALISATION RATE	ERROR IN HOSP RATE
TORINO	1.88937	0.0	1199348.0	225532.5	188.0459	30.5
HIVOLI	0.33628	0.0	261208.0	36026.6	137.9232	9.2
LANZO	0.12387	0.0	99388.0	5804.6	58.4038	-66.2
CHIVASSO	0.21234	0.0	169509.0	19871.5	117.2299	-8.0
MONCALIE	0.37637	0.0	261710.0	28224.5	107.8464	-36.0
SUSA	0.12421	0.0	95241.0	4788.8	50.2807	-80.1
CUORGNE	0.08373	0.0	60077.0	4334.6	72.1506	-67.2
IVREA	0.16346	0.0	130700.0	12803.8	97.9633	-27.1
PINEROLO	0.17770	0.0	123618.0	10685.8	86.4425	-57.3
VERCELLI	0.24004	0.0	120209.0	30132.9	250.6711	51.0
BIELLA	0.28119	0.0	195878.0	26913.6	137.3996	-6.2
BORGHES	0.14797	0.0	83562.0	12813.4	153.3404	-23.7
NOVARA	0.24361	0.0	179535.0	29089.0	162.0241	26.3
ARONA	0.14781	0.0	120422.0	16652.6	138.2856	15.5
VERRANTIA	0.17715	0.0	117022.0	15849.8	135.4430	-15.9
DOMODOSS	0.12745	0.0	73106.0	10863.1	148.5939	-25.7
CUNEO	0.23716	0.0	146723.0	26025.7	177.3796	15.7
SALUZZO	0.25214	0.0	158131.0	26712.0	168.9231	9.5
ALBA	0.20939	0.0	148577.0	17886.1	120.3828	-20.5
MONDOVI	0.11304	0.0	92130.0	6880.7	74.6848	-48.0
ASTI	0.31173	0.0	208446.0	27255.6	130.7559	-18.8
ALESSAND	0.28655	0.0	170899.0	34887.4	204.1402	36.5
TORTONA	0.22760	0.0	146777.0	19970.6	136.0607	-19.0
ACQUI T.	0.10914	0.0	76428.0	8711.1	113.9781	-28.8
CASALE M	0.16353	0.0	102627.0	17566.1	171.1648	11.8

Figura 5 - I valori delle variabili nelle zone di origine per il modello (1), nella versione originale



zione, cioè le quantità ottenute dalla differenza tra il tasso di ospedalizzazione e il rapporto, moltiplicato per  $10^8$ , tra il fattore di generazione dei pazienti e la popolazione residente. Per gli autori questa definizione dell'errore nel tasso di ospedalizzazione, oltre ad essere poco intuitiva, è apparsa non soddisfacente dal punto di vista teorico. Nella versione finale degli output della calibrazione (cfr.: fig. 15) verrà utilizzata una diversa espressione dell'errore nel tasso di ospedalizzazione.

In figura 6 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di destinazione dei viaggi, cioè alle zone sedi di ospedali. Nella prima colonna sono riportati i nomi di tali zone, che nel nostro caso coincidono con le zone di origine; nella seconda colonna ci sono i valori delle capacità degli ospedali  $D_j$ , definiti dalla (10). Nella terza colonna ci sono i valori della popolazione residente nelle zone di destinazione; nel nostro caso, coincidendo le zone di origine con quelle di destinazione, in questa colonna troveremo gli stessi valori della popolazione residente di figura 5.

Nella quarta colonna abbiamo un output del modello: i fattori di bilanciamento, cioè le quantità  $B_j$  definite dalla (2). Sempre dalla (2) si osserva che i fattori  $B_j$  sono l'inverso dell'accessibilità, nel senso di Hansen, degli ospedali in  $j$  nei confronti della domanda nelle varie zone  $i$ . Nel paragrafo 6 figura 17, verrà presentata la mappa dell'accessibilità per le 25 zone nel caso del modello (1).

Nella quinta colonna è riportato il numero dei ricoveri in  $j$  ogni mille persone residenti in  $j$ .

La sesta e la settima colonna non vengono utilizzate in questa versione del modello e potranno venire eliminate nella versione finale.

GRAVITY MODEL TRIAL RUN

ALL SPECIALTIFS

GENERATING FACTORS AGF-SEX WEIGHTED POPULATIONS

DESTINATION	CASELOAD CAPACITY	LOCAL POPULATION	BALANCING FACTOR	CASES PER HEAD OF LOCAL POPULATION	PER CENT BY PRIVATE TRANSPORT	PER CENT BY PUBLIC TRANSPORT
TORINO	213647.0000	1199348.0	3.4912	178.1357	0.0	0.0
RIVOLI	23268.0000	261208.0	4.0064	89.0784	0.0	0.0
LANZO	10751.0000	99388.0	11.0410	108.1721	0.0	0.0
CHIVASSO	9143.0000	169504.0	5.9311	53.9380	0.0	0.0
MONCALIE	26454.0000	261710.0	6.5171	101.0815	0.0	0.0
SUSA	9872.0000	95241.0	13.7230	103.6533	0.0	0.0
CUORGNE	5437.0000	60077.0	20.5234	90.4168	0.0	0.0
IVREA	19845.0000	130700.0	17.7152	151.8358	0.0	0.0
PINEROLO	18224.0000	123618.0	10.2295	147.4224	0.0	0.0
VERCELLI	29545.0000	120209.0	12.5294	245.7812	0.0	0.0
BIELLA	25181.0000	195874.0	16.6274	128.5543	0.0	0.0
BORGOSSE	16420.0000	83562.0	27.6689	196.5005	0.0	0.0
NOVARA	34121.0000	179535.0	16.4440	190.0517	0.0	0.0
ARONA	14736.0000	120422.0	19.1967	122.3694	0.0	0.0
VERRANIA	16404.0000	117027.0	36.5379	140.1785	0.0	0.0
DOMODOSS	11430.0000	73106.0	55.8679	156.3482	0.0	0.0
CUNEO	30524.0000	146723.0	21.7430	208.0379	0.0	0.0
SALUZZO	27318.0000	158131.0	16.7617	172.7553	0.0	0.0
ALBA	16298.0000	148577.0	17.0069	109.6938	0.0	0.0
MONDOVI	7012.0000	92130.0	35.6097	76.1098	0.0	0.0
ASTI	27446.0000	208446.0	15.0333	131.6697	0.0	0.0
ALESSAND	39382.0000	170899.0	15.8021	230.4402	0.0	0.0
TORTONA	19857.0000	146777.0	23.4747	135.2867	0.0	0.0
ACQUA I.	9366.0000	76428.0	27.3807	122.5466	0.0	0.0
CASALE M	14607.0000	102627.0	13.2340	142.3307	0.0	0.0

Figura 6 - I valori delle variabili nelle zone di destinazione per il modello (1), nella versione originale



In figura 7 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine aggregate. Le 25 zone di origine vengono aggregate in 16 distretti, secondo quanto definito in figura 2.

Le variabili di figura 7 sono analoghe a quelle di figura 5 e dunque si rimanda al commento là fatto.

Gli output della calibrazione nella versione originale proseguono con la stampa:

- a. della matrice dei viaggi osservati,
- b. della matrice dei viaggi calcolati,
- c. della matrice dei tempi di viaggio.

Per non appesantire l'esposizione dei risultati queste matrici non vengono qui riportate. Ciò che invece riportiamo è la restante parte degli output della calibrazione, che consiste in un grafico avente sull'asse dell'ascissa i viaggi calcolati e sull'asse dell'ordinata i viaggi osservati (cfr.:fig. 8). Questo grafico dà un'idea della bontà della calibrazione in termini di aderenza tra viaggi osservati e viaggi calcolati. Com'è ovvio la migliore aderenza tra i due tipi di viaggi si ottiene quando i valori si dispongono sulla bisettrice. Il numero di viaggi, per i corrispondenti valori in ascissa ed in ordinata, viene indicato nel grafico con i numeri 1,2,3,... 9. Viene indicato con X un numero di viaggi superiore a 9.

Come si può notare in figura 8, un elevato numero di viaggi è nell'intorno dell'origine. Per questi viaggi non è possibile valutare l'aderenza tra valori osservati e valori calcolati. Un miglioramento di questa rappresentazione grafica consisterebbe nel rappresentare con maggior dettaglio i valori nell'intorno dell'origine. Ciò può essere fatto in più modi, come verrà mostrato nelle figure 20-21 e 22.

GRAVITY MODEL TRIAL RUN

ALL SPECIALTIES

GENERATING FACTORS AGF-SEX WEIGHTED POPULATIONS

AGGREGATED RESULTS

DISTRICT	RESIDENT POPULATION	PREDICTED CASES	PREDICTED HOSP RATE	ERROR IN HOSP RATE
TORINO	1199348.0	225532.5	188.0459	30.5
RESTO CO	947133.0	99050.6	104.5793	-28.1
IVRFA	130700.0	12803.8	97.9633	-27.1
PINEROLO	123618.0	10685.8	86.4425	-57.3
VERCELLI	120209.0	30132.9	250.6711	51.0
RIELLA	195878.0	26913.6	137.3496	-6.2
BORGOSSES	83562.0	12813.4	153.3404	-23.7
NOVARA	299957.0	45741.6	152.4939	22.0
VERRANIA	190128.0	26712.9	140.4996	-19.7
CUNEO	146723.0	26025.7	177.3196	15.7
SALUZZO	158131.0	26712.0	168.9231	9.5
ALBA BIA	148577.0	17886.1	120.3878	-20.5
MONDOVI	92130.0	6880.7	74.6848	-48.0
ASTI	208446.0	27255.6	130.7559	-18.8
ALESSAND	394104.0	63569.1	161.3002	3.1
CASALE M	102627.0	17566.1	171.1648	11.8

Figura 7 - I valori delle variabili nelle zone di origine aggregate per il modello (1), nella versione originale



VFRT AXIS=OBSERVED TRIPS,HORIZONTAL AXIS = PREDICIED TRIPS

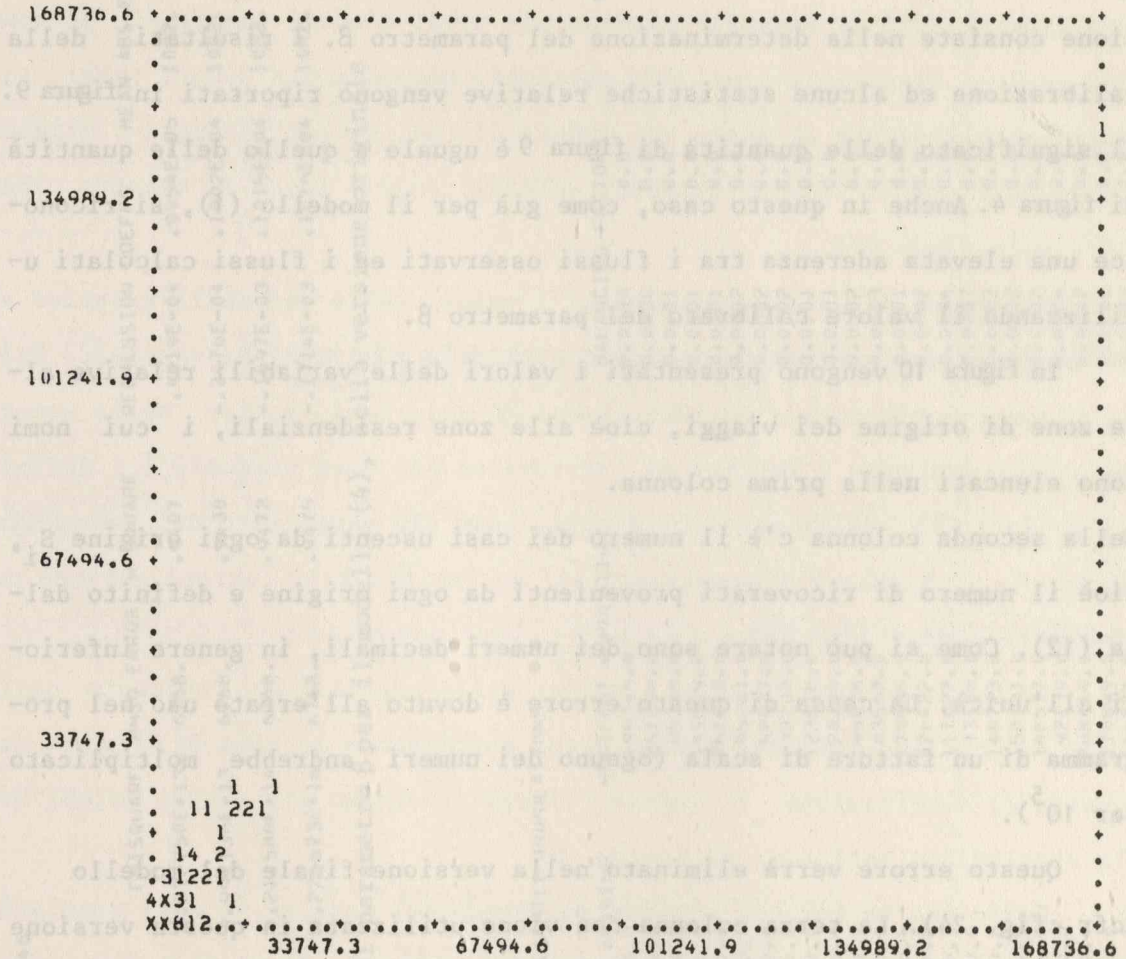


Figura 8 - Viaggi calcolati e viaggi osservati per il modello (1),  
nella versione originale

#### Modello (4)

Ricordiamo che il modello(4) è un modello gravitazionale a generazione (produzione)vincolata.Per questo modello,come per il modello (1),la calibrazione consiste nella determinazione del parametro  $\beta$ . I risultati della calibrazione ed alcune statistiche relative vengono riportati in figura 9. Il significato delle quantità di figura 9 è uguale a quello delle quantità di figura 4. Anche in questo caso, come già per il modello (1), si riconosce una elevata aderenza tra i flussi osservati ed i flussi calcolati utilizzando il valore calibrato del parametro  $\beta$ .

In figura 10 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine dei viaggi, cioè alle zone residenziali, i cui nomi sono elencati nella prima colonna.

Nella seconda colonna c'è il numero dei casi uscenti da ogni origine  $S_i$ , cioè il numero di ricoverati provenienti da ogni origine e definito dalla (12). Come si può notare sono dei numeri decimali, in genere inferiori all'unità. La causa di questo errore è dovuto all'errato uso nel programma di un fattore di scala (ognuno dei numeri andrebbe moltiplicato per  $10^5$ ).

Questo errore verrà eliminato nella versione finale del modello (cfr.:fig. 24). La terza colonna non viene utilizzata in questa versione del modello e potrà venire eliminata nella versione finale.

La quarta colonna riporta i valori della popolazione residente in ogni zona. Nella quinta colonna abbiamo un output del modello: i fattori di bilanciamento, cioè le quantità  $A_i$  definite dalla (5). I fattori  $A_i$  sono l'inverso dell'accessibilità, nel senso di Hansen, dei pazienti in  $i$  nei confronti degli ospedali nelle varie zone  $j$ . Nel paragrafo 6, figura 25, verrà



## GRAVITY MODEL TRIAL RUN

## ALL SPECIALTIES

## GENERATING FACTORS AGE-SEX WEIGHTED POPULATIONS

ACTUAL MEAN COST 25.P1046

## CALIBRATION

ITERATION	PARAMETER	MEAN COST	CHISQUARE	RMSQ ERROR	R SQUARE	REGRESSION COEFFS	MEAN ABS ER	MEAN ABS PC ER
1	0.10000	26.55403	0.672750E+13	6768.	.9407	.4919E-04	.9954E-05	99.99
2	0.10284	26.30006	0.491136E+13	6768.	.9430	-.2476E-04	.1002E-04	99.99
3	0.10843	25.45045	0.211586E+14	6768.	.9472	-.1597E-03	.1015E-04	99.99
4	0.10893	25.81244	0.228573E+14	6768.	.9475	-.1714E-03	.1014E-04	99.99

Figura 9 - La calibrazione del parametro  $\beta$  per il modello (4), nella versione originale

## GRAVITY MODEL TRIAL RUN

## ALL SPECIALTIES

## GENERATING FACTORS AGE-SEX WEIGHTED POPULATIONS

ORIGIN	NUMBER OF CASES ARISING	RESIDENT POPULATION	BALANCING FACTORS	HOSPITALISATION RATE
TORINO	1.84937	1199344.0	0.0000	0.0016
RIVOLI	0.33620	261204.0	0.0000	0.0013
LANZO	0.12347	49384.0	0.0001	0.0012
CHIVASSO	0.21234	169504.0	0.0001	0.0013
MONCALIE	0.37637	261710.0	0.0001	0.0014
SUSA	0.12421	95241.0	0.0002	0.0013
CUORGNE	0.08373	60077.0	0.0002	0.0014
IVREA	0.16346	130700.0	0.0001	0.0013
PINEROLO	0.17770	123618.0	0.0001	0.0014
VERCELLI	0.24004	120209.0	0.0001	0.0020
RIELLA	0.24114	195878.0	0.0002	0.0014
ROGGOSES	0.14797	43562.0	0.0003	0.0018
NOVARA	0.24341	179535.0	0.0001	0.0014
ARONA	0.14741	120422.0	0.0002	0.0012
VERBANIA	0.17714	117022.0	0.0004	0.0015
DOMODOSS	0.12745	73106.0	0.0007	0.0017
CUNEO	0.23716	146723.0	0.0002	0.0016
SALIZZO	0.25214	154131.0	0.0002	0.0014
ALBA	0.20934	144577.0	0.0004	0.0012
MONDOVI	0.11304	92130.0	0.0002	0.0015
ASTI	0.31173	208446.0	0.0001	0.0017
ALESSAND	0.28455	170849.0	0.0001	0.0016
TORTONA	0.22740	144777.0	0.0003	0.0016
ACQUA T.	0.10914	76428.0	0.0003	0.0014
CASALE M	0.16343	102627.0	0.0001	0.0016

Figura 10 - I valori delle variabili nelle zone di origine per il modello (4), nella versione originale

presentata la mappa dell'accessibilità per le 25 zone nel caso del modello (4).

La sesta colonna non viene utilizzata in questa versione del modello e potrà venire eliminata nella versione finale. Nella settima colonna vengono riportati i tassi di ospedalizzazione per zona, cioè il numero di persone che vengono ricoverate ogni 1000 abitanti. Naturalmente questi tassi risentono dell'errore di scala sul numero di casi uscenti da ogni origine (i tassi corretti vengono ottenuti moltiplicando i tassi in oggetto per  $10^5$ , (cfr.: par. 6)).

In figura 11 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di destinazione dei viaggi, cioè alle zone sedi di ospedali. Nella prima colonna sono riportati i nomi di tali zone, mentre nella seconda colonna ci sono i fattori di attrazione dei vari ospedali,  $Z_j$ , definiti dalla (13). Nella versione finale, come già annunciato nel paragrafo 3, per  $Z_j$  si assumerà l'equazione (14) ed inoltre tali fattori saranno normalizzati (cfr.: fig. 26).

La terza colonna riporta i valori della popolazione residente nelle zone di destinazione. Nel nostro caso, coincidendo le zone di origine con quelle di destinazione, in questa colonna troveremo gli stessi valori della popolazione residente di figura 10.

Nella quarta colonna abbiamo un output del modello: i casi previsti, cioè il numero previsto di ricoverati per zona. Anche in questo caso c'è un errore di scala; in realtà i casi previsti andrebbero moltiplicati per  $10^5$  (cfr.: fig. 26). Nella quinta colonna è riportato il numero dei ricoveri in  $j$  ogni mille persone residenti in  $j$ . Naturalmente questi valori risentono dell'errore di scala sui casi previsti (i valori corretti si ottengono moltiplicando i valori in oggetto per  $10^5$  (cfr.: fig. 26)).



# GRAVITY MODEL TRIAL RUN

## ALL SPECIALTIES

### GENERATING FACTORS AGF-SEX WEIGHTED POPULATIONS

DESTINATION	ATTRACTION FACTOR	LOCAL POPULATION	PREDICTED CASES	CASES PER HEAD OF LOCAL POPULATION	PER CENT BY PRIVATE TRANSPORT	PER CENT BY PUBLIC TRANSPORT
TORINO	213647.0000	1149348.0	2.5	0.0021	0.0	0.0
RIVOLI	23268.0000	261208.0	0.3	0.0011	0.0	0.0
LANZO	10751.0000	99348.0	0.1	0.0006	0.0	0.0
CHIVASSO	9143.0000	164509.0	0.1	0.0006	0.0	0.0
MONCALIE	26454.0000	261710.0	0.2	0.0009	0.0	0.0
SUSA	9872.0000	95241.0	0.0	0.0005	0.0	0.0
CUOPGNE	5432.0000	60077.0	0.0	0.0005	0.0	0.0
IVRFA	19845.0000	130700.0	0.2	0.0013	0.0	0.0
PINEROLO	18224.0000	123618.0	0.1	0.0009	0.0	0.0
VERCELLI	29545.0000	120209.0	0.3	0.0024	0.0	0.0
BIELLA	25181.0000	195878.0	0.2	0.0012	0.0	0.0
BORGOSSES	16420.0000	83562.0	0.1	0.0014	0.0	0.0
NOVARA	34121.0000	179435.0	0.4	0.0016	0.0	0.0
ARONA	14736.0000	120422.0	0.1	0.0012	0.0	0.0
VERRANIA	16404.0000	117022.0	0.2	0.0014	0.0	0.0
MONMONOSS	11430.0000	73106.0	0.1	0.0016	0.0	0.0
CINEO	30524.0000	146723.0	0.3	0.0018	0.0	0.0
SALUZZO	27318.0000	154131.0	0.3	0.0018	0.0	0.0
ALBA	16298.0000	148577.0	0.2	0.0011	0.0	0.0
MONDOVI	7012.0000	92130.0	0.1	0.0006	0.0	0.0
ASTI	27446.0000	204446.0	0.3	0.0013	0.0	0.0
ALESSAND	39382.0000	170899.0	0.4	0.0023	0.0	0.0
TORTONA	19857.0000	146777.0	0.2	0.0012	0.0	0.0
ACQUI T.	9366.0000	76425.0	0.1	0.0011	0.0	0.0
CASALE M	14607.0000	102627.0	0.1	0.0013	0.0	0.0

Figura 11 - I valori delle variabili nelle zone di destinazione per il modello (4), nella versione originale

La sesta e la settima colonna non vengono utilizzate in questa versione del modello e potranno venire eliminate nella versione finale.

In figura 12 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine, aggregate per distretto secondo la figura 2 ed i cui nomi sono riportati in prima colonna. In seconda colonna c'è la popolazione residente per distretto, mentre nella terza colonna ci sono i casi previsti per distretto, che sono da intendersi come il numero di ricoverati provenienti da ogni zona di origine aggregata e definiti dalla (12). Anche in questo caso c'è il solito errore di scala, inoltre, occorre osservare che, chiamare questi casi "previsti" è improprio, in quanto sono quantità note, essendo input per il modello in oggetto. (Nella versione finale, figura 27, verranno chiamati "Numero di casi uscenti").

Nella quarta colonna sono riportati i tassi di ospedalizzazione, analoghi a quelli di figura 10 e con il solito errore di scala (anche in questo caso, chiamare questi tassi "previsto" è improprio).

Nella quinta colonna è riportato l'errore nei tassi di ospedalizzazione. Questo errore è calcolato come la differenza tra il tasso di ospedalizzazione calcolato ("previsto") ed il tasso di ospedalizzazione osservato. Nella sperimentazione effettuata, questi due tassi coincidono quando viene usato, come in questo caso, un modello a generazione vincolata. La loro differenza dovrebbe dunque essere uguale a zero. Così non risulta in figura 12 e ciò è dovuto al solito errore di scala che, agendo sui tassi di ospedalizzazione "previsti", li rende quasi prossimi a zero. Sottraendo da questi tassi, prossimi a zero, i tassi di ospedalizzazione osservati, che non sono effetti da errori di scala, si ottengono, per l'errore, dei valori uguali ai tassi di ospedalizzazione osservati. Nella versione



GRAVITY MODEL TRIAL RUN

ALL SPECIALTIES

GENERATING FACTORS AGE-SEX WEIGHTED POPULATIONS

AGGREGATED RESULTS

DISTRICT	RESIDENT POPULATION	PREDICTED CASES	PREDICTED HOSP RATE	ERROR IN HOSP RATE
TORINO	1199348.0	1.9	0.0016	-157.5
RESTO CO	947133.0	1.3	0.0013	-132.7
IVRFA	130700.0	0.2	0.0013	-125.1
PINEROLO	123618.0	0.2	0.0014	-143.7
VERCELLI	120209.0	0.2	0.0020	-199.7
RIFLLA	195878.0	0.3	0.0014	-143.6
BORGOSSES	83562.0	0.1	0.0018	-177.1
NOVARA	299957.0	0.4	0.0013	-130.5
VERRANIA	190128.0	0.3	0.0016	-160.2
CUNFO	146723.0	0.2	0.0016	-161.6
SALUZZO	158131.0	0.3	0.0016	-159.4
ALBA BRA	148577.0	0.2	0.0014	-140.9
MONDOVI	92130.0	0.1	0.0012	-122.7
ASTI	208446.0	0.3	0.0015	-149.5
ALESSAND	394104.0	0.6	0.0016	-158.2
CASALE M	107627.0	0.2	0.0016	-159.3

Figura 12 - I valori delle variabili nelle zone di origine aggregate per il modello (4), nella versione originale

finale (cfr.: fig. 27) non verrà riportato l'errore nei tassi di ospedalizzazione essendo questo errore, per quanto ora detto, uguale a zero.

Anche per questo modello, come già per il modello (1), gli output della calibrazione proseguono con la stampa delle matrici dei viaggi osservati, dei viaggi calcolati e dei tempi di viaggio.

Per non appesantire l'esposizione queste matrici non vengono qui riportate.

#### 6. L'analisi degli output della calibrazione nella versione finale

In questo paragrafo vengono presentati i risultati della calibrazione dei modelli (1) e (4) dopo aver apportato le modifiche di cui si è detto in 5.

Per non appesantire l'esposizione, in questo paragrafo vengono presentati tutti gli output della calibrazione, ma vengono discussi solo quelli che hanno subito modifiche rispetto alla versione Mayhew, Taket (1980).

Incominciamo col presentare in figura 13 un output, comune ai modelli (1) e (4), che ha subito alcune modifiche, sebbene marginali, rispetto alla versione originale di figura 3. Le modifiche consistono nella eliminazione di alcuni titoli e di alcune alternative del tipo di modello che o non sono attivabili, come ad esempio il tipo 4, o non vengono utilizzate nelle versioni presentate, come ad esempio il tipo 1 (il tipo 3 non viene conservato in quanto non costituisce una vera e propria alternativa; esso infatti si può ottenere dal tipo 2 utilizzando come matrice dei tempi di



# DETAILS OF RUN

25 N NUMBER OF ORIGIN ZONES

25 M NUMBER OF DESTINATION ZONES

25 NZ NO OF ORIGINS USED IN CALIBRATION

25 MZ NO OF DESTINATIONS USED IN CALIBRATION

16 ND NO OF DISTRICTS AFTER AGGREGATION

1 LS TYPE OF SCALING 0=% NORMALIZATION ON MAXIMUM, 1=% NORMALIZATION ON SUM

2 IC TYPE OF MODEL ? SINGLE MODE COST=DISTANCE OR COST=TRANSPORT TIMES (MATRIX SUPPLIED)

1 IA TYPE OF MODEL 1=ATTRACTION CONSTRAINED,2=PRODUCTION CONSTRAINED

1 IL TYPE OF RUN 1=CALIBRATION,2=PREDICTION

1 KPN OUTPUT OF ACTUAL TRIP MATRIX

1 KPT OUTPUT OF PREDICTED TRIP MATRIX

1 KPC OUTPUT OF COST MATRIX(S)

1 JP OUTPUT OF RESULTS FOR ORIGINS AND DESTINATIONS

1 IS 1=STATISTICS REQUIRED FOR EVERY STEP IN CALIBRATION  
2=STATS REQUIRED ONLY FOR FINAL STEP IN CALIBRATION

1 JS FINAL STATISTICS FOR PREDICTION RUN

1 JG GRAPHICS

1 JE ELASTICITIES

1 JQ TIJ TO PERM FILE

Figura 13 - Valori dei parametri per il modello (1), nella versione finale

viaggio quella relativa al mezzo pubblico, anziché quella relativa al mezzo privato.

Un'ulteriore modifica consiste nell'introduzione del parametro LS. Questo è un fattore che permette di normalizzare i valori dei fattori di attrazione (cfr.:fig. 26). La normalizzazione può avvenire nei seguenti due modi:

LS = 0, il valore massimo viene posto uguale a 100;

LS = 1, la somma dei valori viene posta uguale a 100.

Nella sperimentazione effettuata è stato utilizzato il valore 1 per il parametro LS.

#### Modello 1

In figura 14 vengono riportati il valore finale del parametro  $\beta$  ed alcune statistiche relative alla calibrazione. Il contenuto di figura 14 è uguale a quello di figura 4.

In figura 15 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine dei viaggi, cioè alle zone residenziali. Le modifiche rispetto a figura 5 consistono:

- a. nella normalizzazione dei fattori di generazione dei pazienti, in seconda colonna (la loro somma è stata posta uguale a 100, cioè si è utilizzato il valore 1 del parametro LS di fig. 13);
- b. nella eliminazione della terza colonna di figura 5, non utilizzata;
- c. nella trasformazione dei tassi di ospedalizzazione da ‰ a % ;
- d. nella costruzione di un errore percentuale nei tassi di ospedalizzazione definito come la differenza tra il tasso di ospedalizzazione calcolato ed il tasso di ospedalizzazione osservato rapportato al tasso di ospedalizzazione osservato, il tutto moltiplicato per 100.

In figura 16 vengono presentati i valori delle variabili relative al-



ACTUAL MEAN COST		25.81046		NORMALIZATION 1		SCALE=		188937.(0=MAX)		676283.(1=SUM)	
CALIBRATION											
ITER	PARAMETER	MEAN-COST	CHI-SQUARE	RMSQ-ERROR	R-SQUARE	REGRESSION-COEFFS	MEAN-ABS-ER	MEAN-ABS-ER	MEAN-ABS-ER	MEAN-ABS-ER	ER
1	0.10000	26.35422	0.706435E+07	1766.	.9376	-23.52	1.022	573.5	297.4		
2	0.10211	26.15948	0.936049E+07	1760.	.9390	-30.27	1.028	566.6	284.3		
3	0.10588	25.83134	0.158583E+08	1750.	.9414	-41.98	1.039	554.5	263.5		
4	0.10612	25.81131	0.164146E+08	1750.	.9416	-42.71	1.039	553.8	262.2		

Figura 14 - La calibrazione del parametro  $\beta$  per il modello (1), nella versione finale

ORIGIN	PATIENT GENERATING FACTORS	RESIDENT POPULATION	PREDICTED CASES	% HOSPITALISATION RATE	% ERROR IN HOSP RATE
TORINO	27.93756	1199348.	225533.	18.8046	19.3691
RIVOLI	4.97247	261208.	36027.	13.7923	7.1330
LANZO	1.83163	99388.	5805.	5.8404	-53.1392
CHIVASSO	3.13981	169509.	19872.	11.7230	-6.4164
MONCALIE	5.56527	261710.	28224.	10.7846	-25.0087
SUSA	1.83664	95241.	4789.	5.0281	-61.4460
CUORGNE	1.23409	60077.	4335.	7.2151	-48.2313
IVREA	2.41704	130700.	12804.	9.7963	-21.6701
PINEROLO	2.62760	123618.	10686.	8.6442	-39.8658
VERCELLI	3.54940	120209.	30133.	25.0671	25.5328
RIELLA	4.15787	195878.	26914.	13.7400	-4.2870
BORGOSSE	2.18799	83562.	12813.	15.3340	-13.4053
NOVARA	3.60219	179535.	29089.	16.2024	19.4078
ARONA	2.18562	120422.	16653.	13.8286	12.6624
VERBANIA	2.61946	117022.	15850.	13.5443	-10.5289
DOMODOSS	1.84457	73106.	10463.	14.8594	-14.7657
CUNEO	3.50681	146723.	26026.	17.7379	9.7388
SALUZZO	3.72832	158131.	26712.	16.8923	5.9410
ALBA	3.09619	148577.	17886.	12.0383	-14.5799
MONDOVI	1.67149	92130.	6881.	7.4685	-39.1303
ASTI	4.60946	208446.	27256.	13.0756	-12.5669
ALESSAND	4.23713	170899.	34887.	20.4140	21.7495
TORTONA	3.36545	146777.	19971.	13.6061	-12.2558
ACQUA T.	1.61382	76428.	8711.	11.3978	-20.1840
CASALE M	2.41807	102427.	17566.	17.1164	7.4181

Figura 15 - I valori delle variabili nelle zone di origine per il modello (1), nella versione finale

DESTINATION	CASELOAD CAPACITY	LOCAL POPULATION	BALANCING FACTOR	% CASES PER HEAD LOCAL POPULATION
TORINO	213647.	1199348.	0.2361	17.8136
RIVOLI	23268.	261208.	0.2709	8.9078
LANZO	10751.	99388.	0.7467	10.8172
CHIVASSO	9143.	169509.	0.4011	5.3938
MONCALIE	26454.	261710.	0.4407	10.1082
SUSA	9872.	95241.	0.9281	10.3653
CUORGNE	5432.	60077.	1.3880	9.0417
IVREA	19845.	130700.	1.1980	15.1836
PINEROLO	18224.	123618.	0.6918	14.7423
VERCELLI	29545.	120209.	0.8473	24.5780
BIELLA	25181.	195878.	1.1245	12.8554
BORGOSSE	16420.	83562.	1.8712	19.6500
NOVARA	34121.	179535.	1.1121	19.0052
ARONA	14736.	120422.	1.2982	12.2369
VERBANIA	16404.	117022.	2.4710	14.0179
DOMODOSS	11430.	73106.	3.7769	15.6348
CUNEO	30524.	146723.	1.4704	20.8038
SALUZZO	27318.	158131.	1.1336	17.2755
ALBA	16298.	148517.	1.1501	10.9694
MONDOVI	7012.	92130.	2.4082	7.6110
ASTI	27446.	208446.	1.0167	13.1669
ALESSAND	39382.	170899.	1.0687	23.0440
TORTONA	19857.	146717.	1.6146	13.5287
ACQUI T.	9366.	76428.	1.8517	12.2547
CASALE M	14607.	102627.	0.8950	14.2331

Figura 16 - I valori delle variabili nelle zone di destinazione per il modello (1), nella versione finale



le zone di destinazione dei viaggi, cioè alle zone sedi di ospedali. Le modifiche rispetto a figura 6 consistono:

- a. nella trasformazione del numero dei ricoveri da ‰ a ‰ ;
- b. nella eliminazione della sesta e settima colonna di figura 6, non utilizzate.

Si fa osservare che i fattori di bilanciamento di quarta colonna assumono dei valori diversi da quelli di figura 6. Ciò è semplicemente dovuto, per la (2), ai nuovi valori dei fattori di generazione dei pazienti  $W_i$ , di cui in figura 15.

Come già detto nel paragrafo 5, i fattori di bilanciamento sono l'inverso dell'accessibilità, nel senso di Hansen, degli ospedali in  $j$  nei confronti della domanda nelle varie zone  $i$ . In figura 17 viene presentata la mappa dell'accessibilità per le 25 zone, nel caso del modello (1).

Come ci si poteva attendere, la città di Torino fa riconoscere il più alto livello di accessibilità, seguita dai comuni della cintura e via via dalle zone più periferiche. Tra queste ultime, le zone con i più alti livelli di accessibilità sono sedi di ospedali relativamente grandi (come ad esempio Vercelli, zona 10) o sono caratterizzate da particolari configurazioni morfologiche (come ad esempio la valle di Susa, zona 6).

In figura 18 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine aggregate. Le variabili di figura 18 sono analoghe a quelle di figura 15 e dunque si rimanda il commento là fatto.

Gli output della calibrazione nella versione finale proseguono con la stampa:

- a. della matrice dei viaggi osservati;
- b. della matrice dei viaggi calcolati;
- c. della matrice dei costi di viaggio;
- d. della matrice delle elasticità dei tassi di ospedalizzazione (Mayhew,



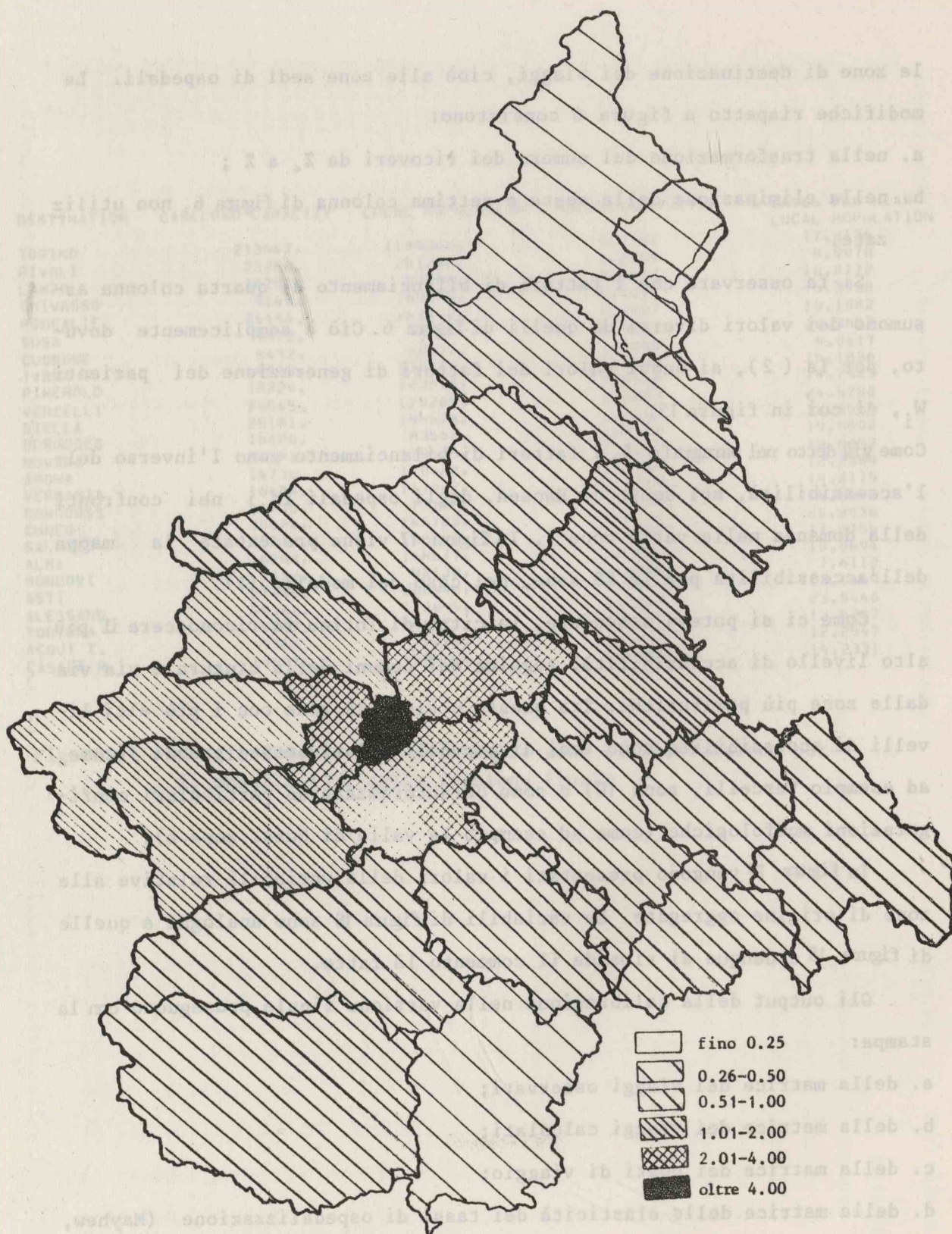


Figura 17 - Accessibilità degli ospedali nei confronti della domanda  
(modello (1))



AGGREGATED RESULTS

DISTRICT (OR)	RESIDENT POPULATION	PREDICTED CASES	% HOSPITALIZATION RATE	% ERROR IN HOSP RATE
TORINO	1199348.	225533.	18.8046	19.3691
RESTO CO	947133.	99051.	10.4579	-21.1882
IVREA	130700.	12804.	9.7963	-21.6701
PINEROLO	123618.	10686.	8.6442	-39.8658
VERCELLI	120209.	30133.	25.0671	25.5328
BIELLA	195878.	26914.	13.7400	-4.2870
BORGOSSES	83562.	12813.	15.3340	-13.4053
NOVARA	299957.	45742.	15.2494	16.8607
VERRANIA	190128.	26713.	14.0500	-12.3017
CUNEO	146723.	26026.	17.7379	9.7388
SALUZZO	158131.	26712.	16.8923	5.9410
ALBA BRA	148577.	17886.	12.0383	-14.5799
MONDOVI	92130.	6881.	7.4685	-39.1303
ASTI	208446.	27256.	13.0756	-12.5669
ALESSAND	394104.	63569.	16.1300	1.9894
CASALE M	102627.	17566.	17.1164	7.4181

Figura 18 - I valori delle variabili nelle zone di origine aggregate per il modello (1), nella versione finale

Taket, 1980) il cui generico elemento  $e_{ij}$  vale:

$$e_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_j T_{ij}} \cdot 100, \text{ con } T_{ij} \text{ definito dalla (1).}$$

Per non appesantire l'esposizione dei risultati queste matrici non vengono qui riportate.

In figura 19 è riportato il grafico dei viaggi osservati e dei viaggi calcolati.

Rispetto alla versione originale (cfr.:fig. 8) si è effettuato uno scambio di assi in modo da avere sull'asse dell'ascissa i viaggi osservati e sull'asse dell'ordinata i viaggi calcolati.

Come è già stato detto a commento della figura 8, il grafico in oggetto andrebbe migliorato per poter rappresentare con maggiore dettaglio i valori nell'intorno dell'origine. Questo miglioramento può essere realizzato in tre modi:

- a. ingrandendo il grafico in un intervallo da determinare liberamente (cfr.: fig. 20, ove è stato scelto l'intervallo 0-6000);
- b. escludendo una o più zone i cui valori si discostano eccessivamente dal valore medio (cfr.: fig. 21, ove è stata esclusa la zona 1);
- c. combinando a e b (cfr.: fig. 22).

#### Modello 4

In figura 23 vengono riportati il valore finale del parametro  $\beta$  ed alcune statistiche relative alla calibrazione. Il contenuto di figura 23 è analogo a quello di figura 9, differenziandosi solo per il diverso valore numerico di qualche variabile.



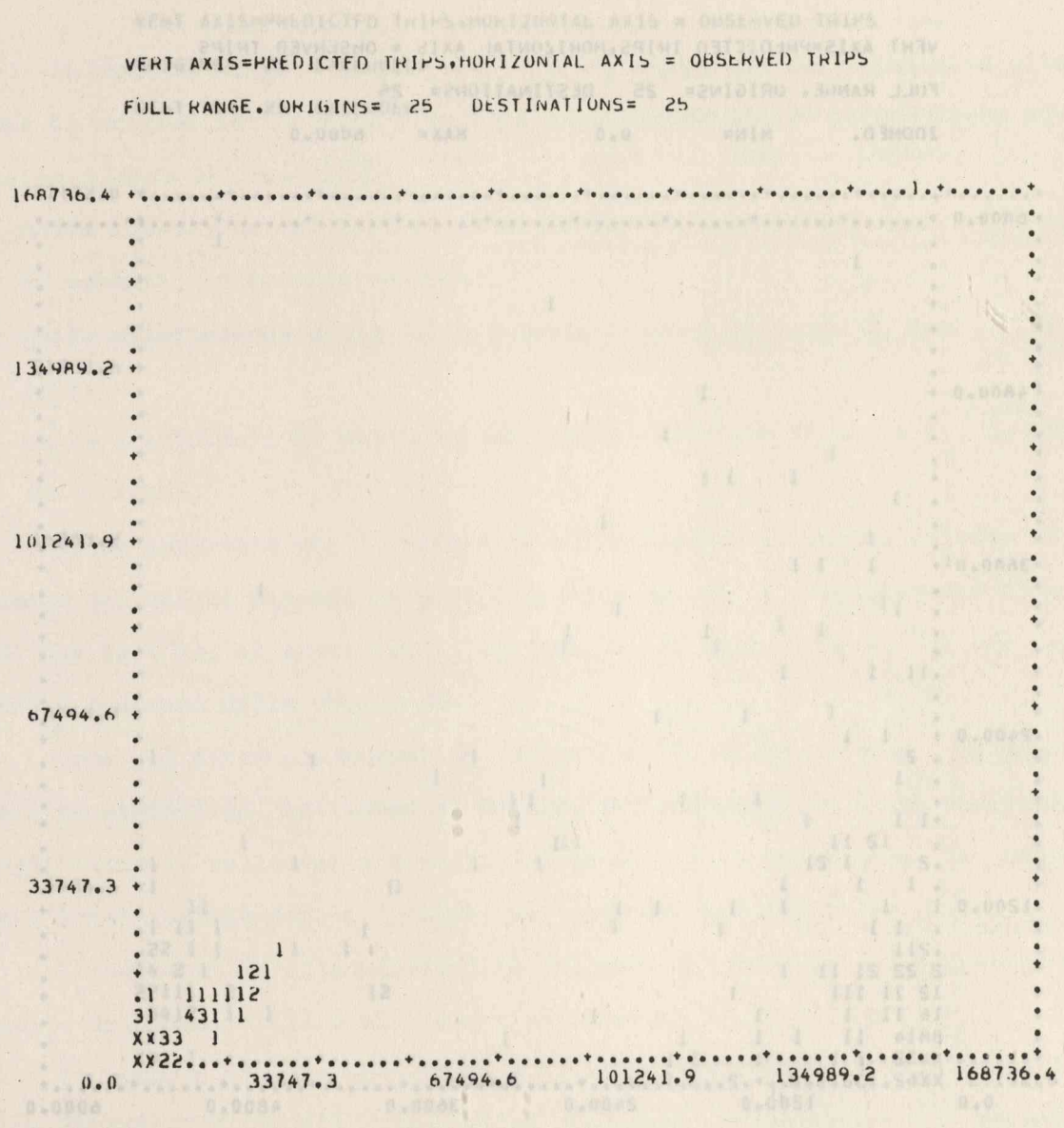


Figura 19 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (1),  
nella versione finale

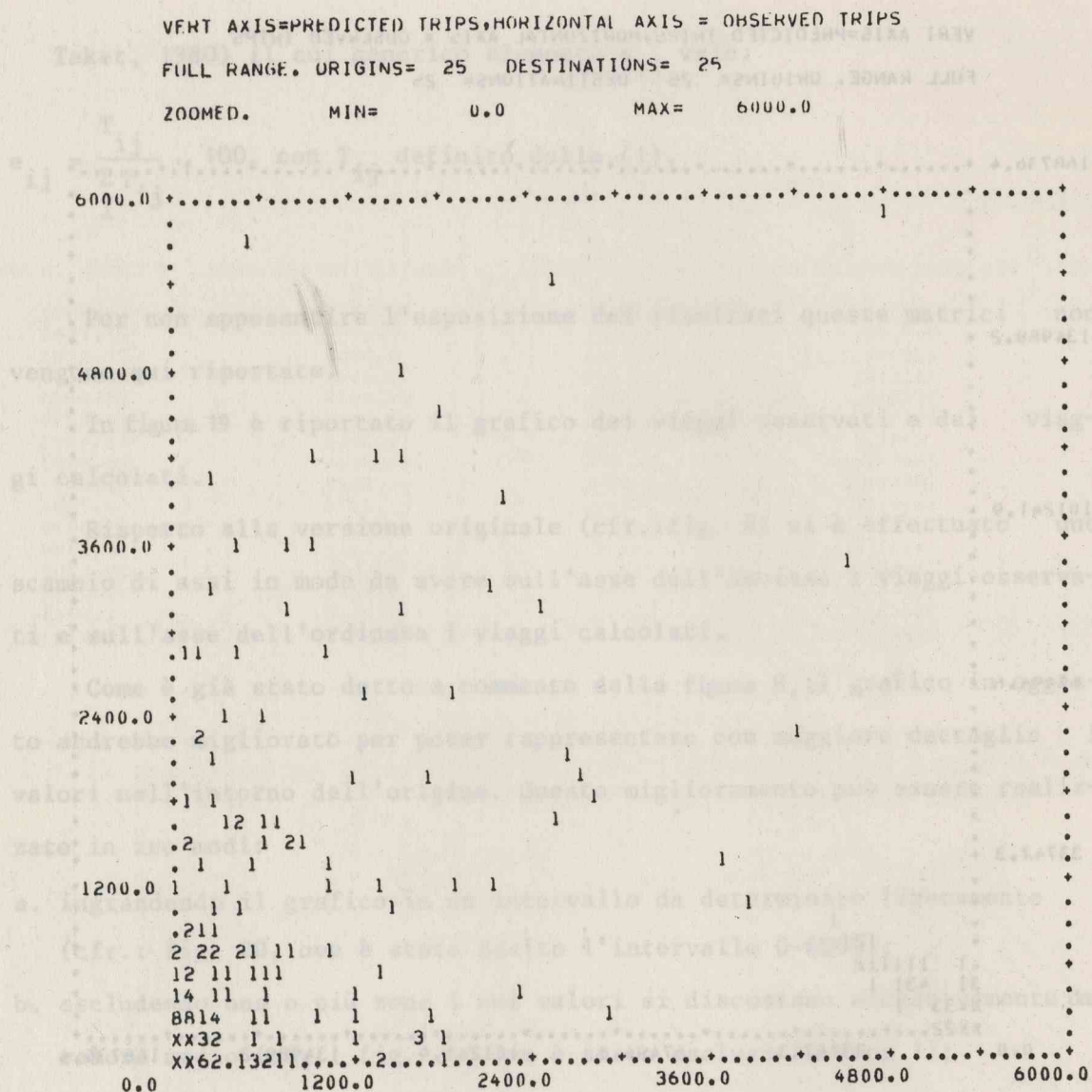


Figura 20 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (1),  
 nella versione finale, con ingrandimento nell'intervallo  
 0-6000





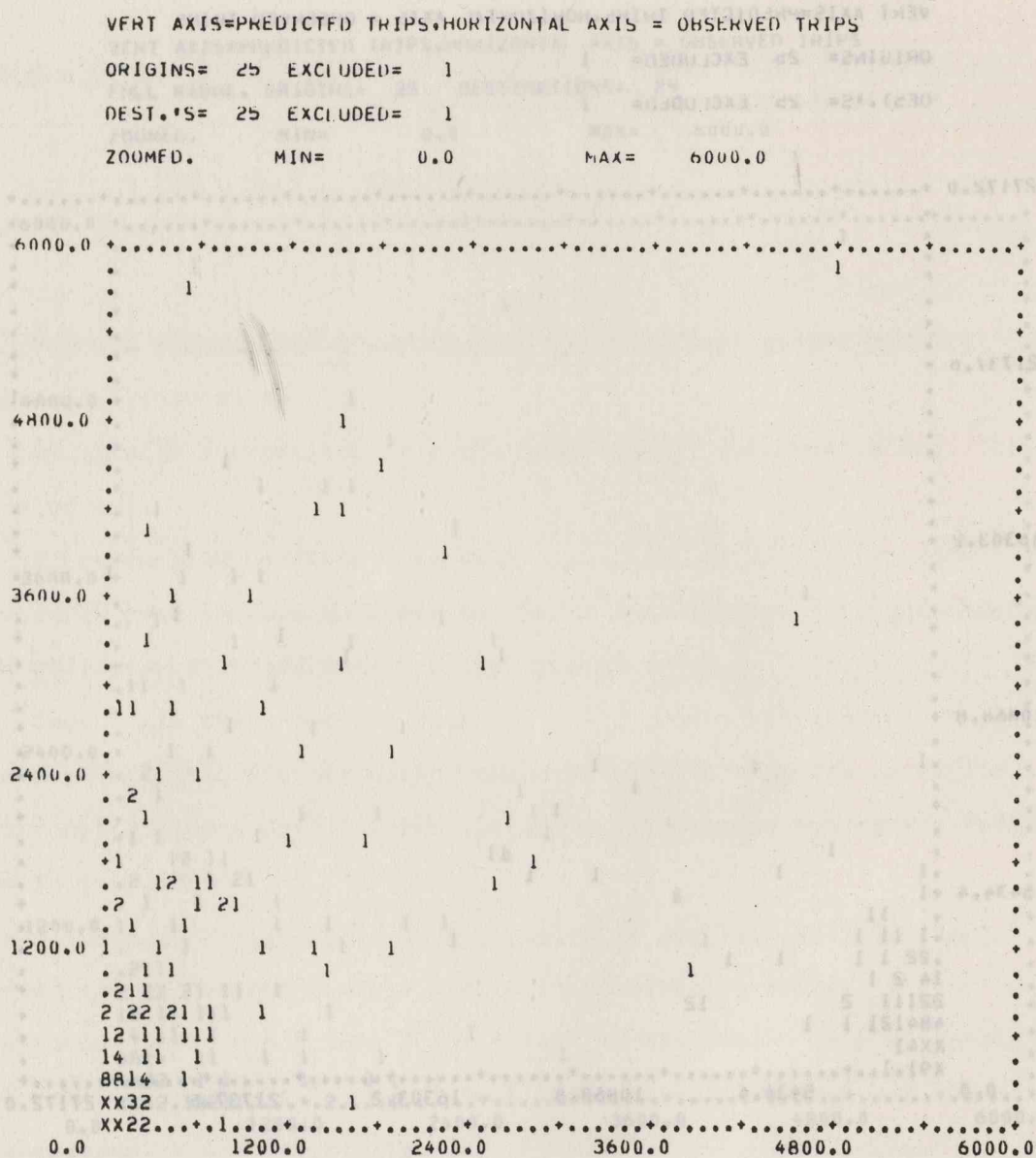


Figura 22 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (1), nella versione finale, con esclusione della zona 1 e in grandimento nell'intervallo 0-6000



In figura 24 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine dei viaggi, cioè alle zone residenziali. Le modifiche rispetto a figura 10 consistono:

- a. nella correzione del fattore di scala per il calcolo del numero dei ca si uscenti, in seconda colonna;
- b. nella eliminazione della terza e sesta colonna di figura 10, non utilizzate;
- c. nella trasformazione dei tassi di ospedalizzazione da ‰ a ‰, in quinta colonna.

Si fa osservare che i fattori di bilanciamento in quarta colonna assumono dei valori diversi da quelli di figura 10. Ciò è semplicemente dovuto, per la (5), ai nuovi valori dei fattori di attrazione  $Z_j$ , di cui si dirà a commento della figura 26.

Come già detto nel paragrafo 5. i fattori di bilanciamento sono l'inverso dell'accessibilità, nel senso di Hansen, della domanda in  $i$  nei confronti degli ospedali nelle varie zone  $j$ . In figura 25 viene presentata la mappa dell'accessibilità per le 25 zone, nel caso del modello (4).

L'andamento dell'accessibilità nel caso del modello (4) è analogo a quello del modello (1) e si rimanda al commento là fatto.

In figura 26 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di destinazione dei viaggi, cioè alle zone sedi di ospedali. Le modifiche rispetto a figura 11 consistono:

- a. nell'assunzione dei posti letto come fattori di attrazione (cfr.: la(14)) e nella loro normalizzazione (la loro somma è stata posta uguale a 100);
- b. nella correzione del fattore di scala per il calcolo del numero dei ca si previsti, in quarta colonna;

ACTUAL MEAN COST		25.81046		NORMALIZATION 1		SCALE=	8414. (0=MAX)		22592. (1=SUM)		
CALIBRATION											
ITER	PARAMETER	MEAN-COST	CHI-SQUARE	RMSO-ERROR	R-SQUARE	REGRESSION-COEFFS	MEAN-ABS-ER	MEAN-ABS-ER	MEAN-ABS-ER	MEAN-ABS-ER	
1	0.10000	26.61249	0.101540E+09	1814.	.9339	-19.76	1.018	573.8	258.5		
2	0.10311	26.33780	0.155466E+09	1792.	.9364	-26.78	1.025	561.6	242.1		
3	0.10907	25.85806	0.354634E+09	1753.	.9408	-39.46	1.036	539.3	215.8		
4	0.10966	25.81360	0.385080E+09	1750.	.9413	-40.66	1.038	537.2	213.5		

Figura 23 - La calibrazione del parametro  $\beta$  per il modello (4), nella versione finale

ORIGIN	NUMBER OF CASES ARISING		RESIDENT POPULATION		BALANCING FACTORS		% HOSPITALISATION RATE	
TORINO	188937.		1199348.		0.2122		15.7533	
RIVOLI	33628.		261208.		0.2745		12.8740	
LANZO	12387.		99388.		0.8761		12.4633	
CHIVASSO	21234.		169509.		0.4822		12.5268	
MONCALIE	37637.		261710.		0.4792		14.3812	
SUSA	12421.		95241.		1.0714		13.0416	
CUORGNE	8373.		60077.		1.6237		13.9370	
IVREA	16346.		130700.		1.3108		12.5065	
PINEPOLO	17770.		123618.		0.7057		14.3750	
VERCELLI	24004.		120209.		0.9183		19.9685	
BIELLA	24114.		195878.		1.1046		14.3553	
NOVARA	14797.		83562.		2.0744		17.7078	
ARONA	24361.		179535.		1.2324		13.5689	
VERRANIA	14781.		120422.		1.6991		12.2743	
DOMODOSS	17715.		117022.		3.2903		15.1382	
CUNEO	12745.		73106.		6.0752		17.4335	
SALUZZO	23716.		146723.		1.4136		16.1638	
ALBA	25214.		158131.		1.4805		15.9450	
MONDOVI	20939.		148577.		1.6815		14.0930	
ASTI	11304.		42130.		3.0851		12.2696	
ALFESSAND	31173.		208446.		1.3163		14.9549	
TORTONA	24655.		170899.		1.0682		16.7672	
ACQUI T.	22740.		146777.		1.8735		15.5065	
CASALE M	10914.		76428.		2.5751		14.2801	
	14353.		102627.		0.9713		15.9344	

Figura 24 - I valori delle variabili nelle zone di origine per il modello (4), nella versione finale



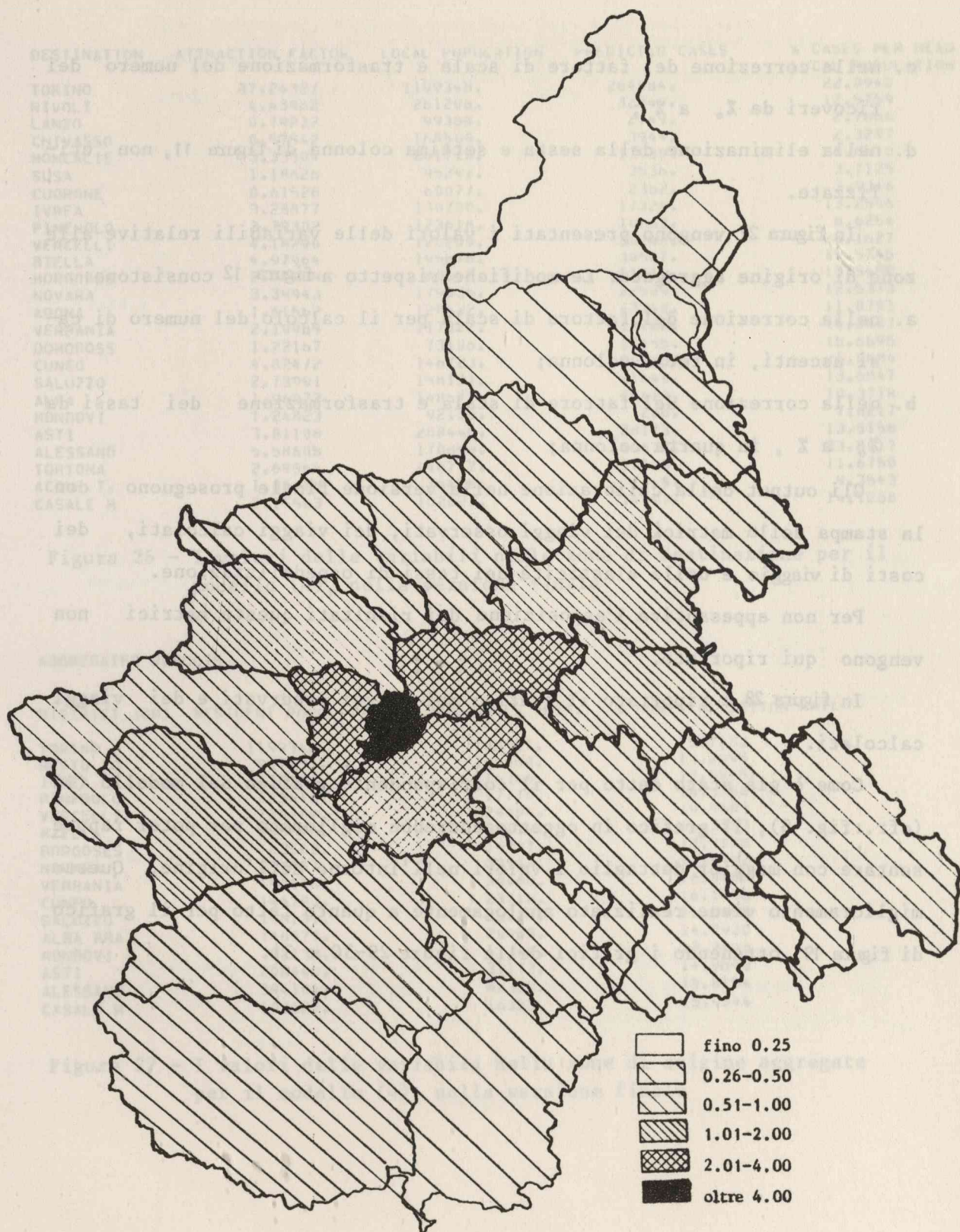


Figura 25 - Accessibilità della domanda nei confronti degli ospedali (modello (4))



- c. nella correzione del fattore di scala e trasformazione del numero dei ricoveri da ‰ a % ;
- d. nella eliminazione della sesta e settima colonna di figura 11, non utilizzate.

In figura 27 vengono presentati i valori delle variabili relative alle zone di origine aggregate. Le modifiche rispetto a figura 12 consistono:

- a. nella correzione del fattore di scala per il calcolo del numero di casi uscenti, in terza colonna;
- b. nella correzione del fattore di scala e trasformazione dei tassi da ‰ a % , in quarta colonna;

Gli output della calibrazione nella versione finale proseguono con la stampa delle matrici dei viaggi osservati, dei viaggi calcolati, dei costi di viaggio e della elasticità dei tassi di ospedalizzazione.

Per non appesantire l'esposizione dei risultati queste matrici non vengono qui riportate.

In figura 28 è riportato il grafico dei viaggi osservati e dei viaggi calcolati.

Come è già stato detto per il corrispondente grafico del modello (1) (cfr.:fig. 8), il grafico in oggetto andrebbe migliorato per poter rappresentare con maggior dettaglio i valori nell'intorno dell'origine. Questo miglioramento viene realizzato analogamente a quanto fatto per il grafico di figura 19, ottenendo i grafici delle figure 29-30 e 31.



DESTINATION	ATTRACTION FACTOR	LOCAL POPULATION	PREDICTED CASES	% CASES PER HEAD LOCAL POPULATION
TORINO	37.24327	1199348.	264984.	22.0940
RIVOLI	4.43962	261208.	32849.	12.5759
LANZO	0.79232	99388.	2749.	2.7660
CHIVASSO	0.57542	169509.	3949.	2.3297
MONCALIE	3.33304	261710.	17930.	6.8510
SUSA	1.18626	95241.	3536.	3.7125
CUORGNE	0.61526	60077.	2362.	3.9316
IVREA	3.28077	130700.	17324.	13.2546
PINEROLO	2.79302	123618.	10663.	8.6254
VERCELLI	4.18290	120209.	30248.	25.1627
BIELLA	4.97964	195878.	30507.	15.5745
BORGOSSES	2.09809	83562.	11319.	13.5452
NOVARA	3.34943	179535.	22509.	12.5373
ARONA	1.61562	120422.	13340.	11.0781
VERBANIA	2.19989	117022.	17788.	15.2007
DOMODOSS	1.22167	73106.	11455.	15.6695
CUNEO	4.82472	146723.	30883.	21.0484
SALUZZO	2.73991	158131.	21640.	13.6847
ALBA	1.96972	148577.	15410.	10.3718
MONDOVI	1.24823	92130.	7206.	7.8217
ASTI	3.81108	208446.	28173.	13.5156
ALESSAND	5.58605	170899.	40677.	23.8017
TORTONA	2.69564	146777.	17136.	11.6750
ACQUI T.	1.00478	76428.	7149.	9.3543
CASALE M	2.15563	102627.	14497.	14.1260

Figura 26 - I valori delle variabili nelle zone di destinazione per il modello (4), nella versione finale

#### AGGREGATED RESULTS

DISTRICT (OR)	RESIDENT POPULATION	NO. CASES ARIS.	% HOSPITALIZATION RATE
TORINO	1199348.	188937.	15.7533
RESTO CO	947133.	125680.	13.2695
IVREA	130700.	16346.	12.5065
PINEROLO	123618.	17770.	14.3750
VERCELLI	120209.	24004.	19.9685
BIELLA	195878.	28119.	14.3553
BORGOSSES	83562.	14797.	17.7078
NOVARA	299957.	39142.	13.0492
VERBANIA	190128.	30460.	16.0208
CUNEO	146723.	23716.	16.1638
SALUZZO	158131.	25214.	15.9450
ALBA BRA	148577.	20939.	14.0930
MONDOVI	92130.	11304.	12.2696
ASTI	208446.	31173.	14.9549
ALESSAND	394104.	62329.	15.8154
CASALE M	102627.	16353.	15.9344

Figura 27 - I valori delle variabili nelle zone di origine aggregate per il modello (4), nella versione finale

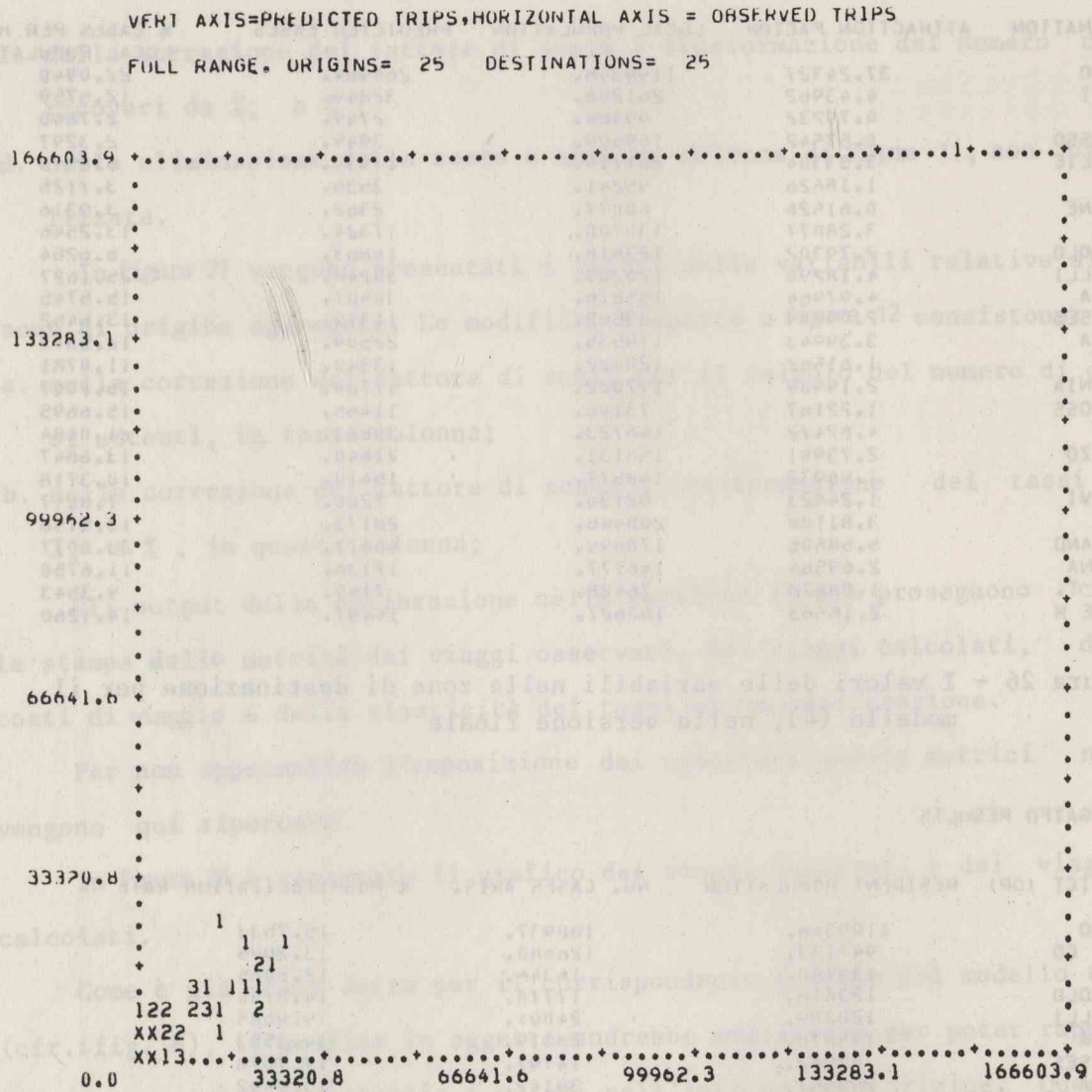


Figura 28 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (4),  
 nella versione finale



VERT AXIS=PREDICTED TRIPS,HORIZONTAL AXIS = OBSERVED TRIPS

FULL RANGE. ORIGINS= 25 DESTINATIONS= 25

ZOOMED. MIN= 0.0 MAX= 6000.0

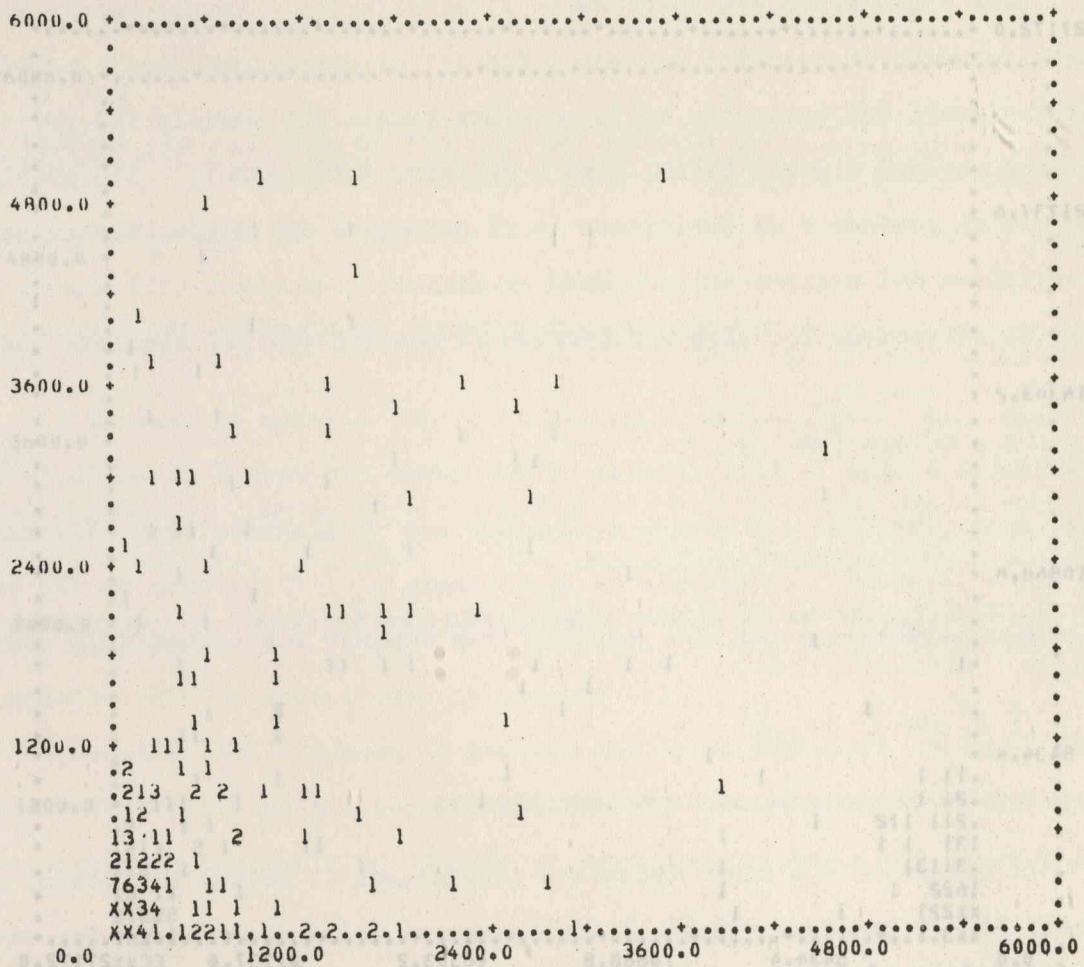


Figura 29 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (4), nella versione finale, con ingrandimento nell'intervallo 0-6000

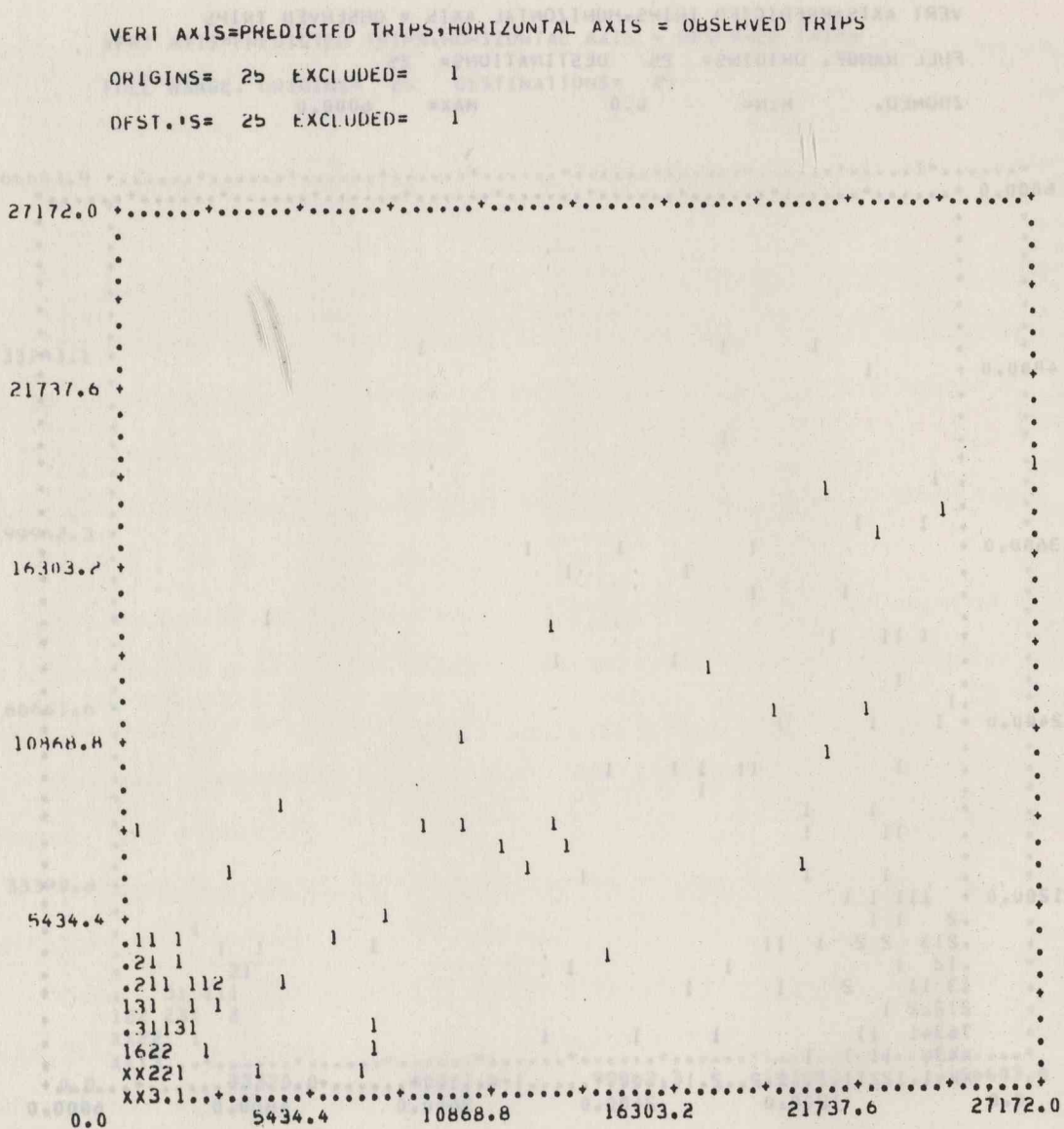


Figura 30 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (4),  
nella versione finale, con esclusione della zona 1



VERT AXIS=PREDICTED TRIPS,HORIZONTAL AXIS = OBSERVED TRIPS

ORIGINS= 25 EXCLUDED= 1

DEST. 'S= 25 EXCLUDED= 1

ZOOMED). MIN= 0.0 MAX= 6000.0

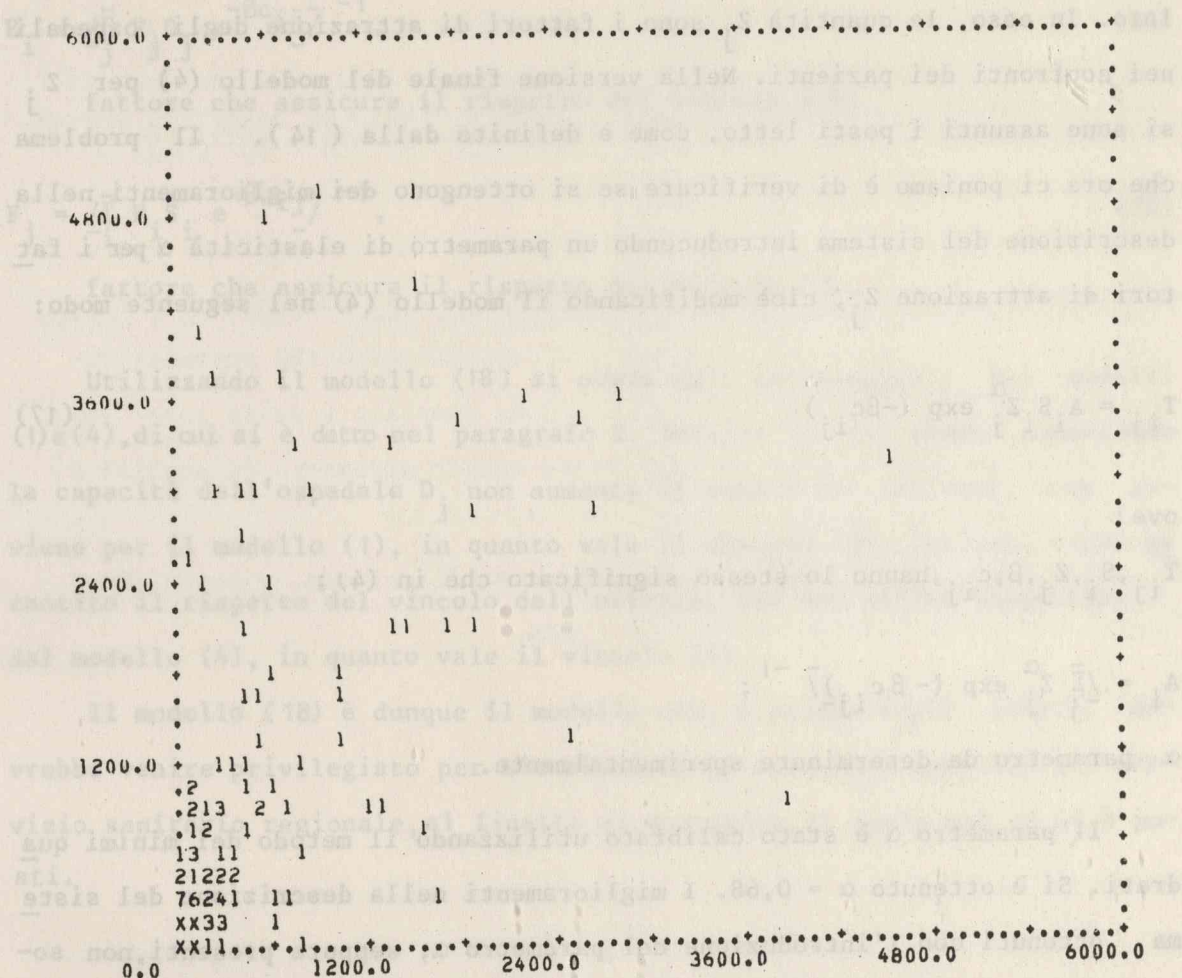


Figura 31 - Viaggi osservati e viaggi calcolati per il modello (4), nella versione finale, con esclusione della zona 1 e in grandimento nell'intervallo 0-6000

## 7. Ulteriori approfondimenti

Come è già stato più volte detto, il modello (4) è semplicemente vincolato. In esso, le quantità  $Z_j$  sono i fattori di attrazione degli ospedali nei confronti dei pazienti. Nella versione finale del modello (4) per  $Z_j$  si sono assunti i posti letto, come è definito dalla (14). Il problema che ora ci poniamo è di verificare se si ottengono dei miglioramenti nella descrizione del sistema introducendo un parametro di elasticità  $\alpha$  per i fattori di attrazione  $Z_j$ , cioè modificando il modello (4) nel seguente modo:

$$T_{ij} = A_i S_i Z_j^\alpha \exp(-\beta c_{ij}) \quad (17)$$

ove:

$T_{ij}, S_i, Z_j, \beta, c_{ij}$ , hanno lo stesso significato che in (4);

$$A_i = \left( \sum_j Z_j^\alpha \exp(-\beta c_{ij}) \right)^{-1};$$

$\alpha$  parametro da determinare sperimentalmente.

Il parametro  $\alpha$  è stato calibrato utilizzando il metodo dei minimi quadrati. Si è ottenuto  $\alpha = 0,68$ . I miglioramenti nella descrizione del sistema ottenuti con l'introduzione del parametro  $\alpha$ , seppure presenti, non sono apparsi tali da giustificare l'introduzione di questo nuovo parametro. Si è così mantenuto il modello nella versione (4).

Un ulteriore approfondimento, che non è stato realizzato, ma che può costituire oggetto di ricerca futura, è costituito dalla sostituzione dei modelli semplicemente vincolati (1) e (4) con il seguente modello doppiamente vincolato:

$$T_{ij} = E_i S_i F_j D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (18)$$



ove :

$T_{ij}, S_i, D_j$ , hanno lo stesso significato che in (1) e (4);

$$E_i = \frac{1}{\sum_j F_j D_j} e^{-\beta c_{ij}} \quad (19)$$

fattore che assicura il rispetto del vincolo (6);

$$F_j = \frac{1}{\sum_i E_i S_i} e^{-\beta c_{ij}} \quad (20)$$

fattore che assicura il rispetto del vincolo (3).

Utilizzando il modello (18) si ovvia agli inconvenienti dei modelli (1) e (4), di cui si è detto nel paragrafo 2. Infatti in tal modo, aumentando la capacità dell'ospedale  $D_j$  non aumenta il numero dei pazienti, come avviene per il modello (1), in quanto vale il vincolo (6); inoltre, viene garantito il rispetto del vincolo dell'offerta, che non veniva rispettato dal modello (4), in quanto vale il vincolo (3).

Il modello (18) è dunque il modello che, a parere degli autori, dovrebbe venire privilegiato per l'analisi della struttura spaziale del servizio sanitario regionale, al livello di dettaglio al quale qui ci si è posti.

## 8. Conclusioni

La sperimentazione del modello RAMOS alla Regione Piemonte fornisce, a nostro parere, elementi utili per la comprensione del comportamento spazializzato della domanda di servizi sanitari. Inoltre, il modello RAMOS, così come è stato da noi modificato nella sua versione finale, costituisce uno strumento per sondare gli effetti, sulla domanda, di scenari alternativi di offerta.

Il modello nella versione finale risulta, inoltre, agile da usare. Al fine di consentire un'ampia diffusione dell'utilizzo di questo strumento, è stato predisposto un manuale d'uso che permette, anche all'utente non esperto di modelli di interazione spaziale e della loro implementazione informatica, di utilizzare questo strumento di analisi e di piano con grandissima facilità.

Questo manuale, corredato dai programmi di calcolo, costituirà l'oggetto di un prossimo Working Paper IRES.



Bibliografia

Mayhew L., Tacket A. (1980) A model of health care resource allocation in space. WP - 80-125. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

Wilson A.G. (1974) Urban and Regional Models in Geography and Planning. Chichester, UK: John Wiley.

ALLEGATO : Input

Z O N E	LOCAL POPULATION	GENERATING FACTORS	A T T R A C T I O N F A C T O R S	
			CASELOADS	BEDS
1 TORINO	1199348	188937	213647	8414
2 RIVOLI	261208	33628	23268	1003
3 LANZO	99388	12387	10751	179
4 CHIVASSO	169509	21234	9143	130
5 MONCALIERI	261710	37637	26454	753
6 SUSA	95241	12421	9872	268
7 CUORGNE'	60077	8373	5432	139
8 IVREA	130700	16346	19845	743
9 PINEROLO	123618	17770	18224	631
10 VERCELLI	120209	24004	29545	945
11 BIELLA	195878	28119	25181	1125
12 BORGOFESIA	83562	14797	16420	474
13 NOVARA	179535	24361	34121	768
14 ARONA	120422	14781	14736	365
15 VERBANIA	117022	17715	16404	497
16 DOMODOSSOLA	73106	12745	11430	276
17 CUNEO	146723	23716	30524	1090
18 SALUZZO	158131	25214	27318	619
19 ALBA	148577	20939	16298	445
20 MONDOVI'	92130	11304	7012	282
21 ASTI	208446	31173	27446	861
22 ALESSANDRIA	170899	28655	39382	1262
23 TORTONA	146777	22760	19857	609
24 ACQUI T.	76428	10914	9366	227
25 CASALE M.	102627	16353	14607	487



ACTUAL TRIP MATRIX

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	147546	9079	2532	933	3541	795	269	2764	1200	2152	780	554	2922
2	19545	10133	301	24	368	1502	33	62	1200	19	19	5	27
3	4204	636	7109	15	66	25	122	91	0	7	7	3	9
4	9544	484	291	7504	226	26	635	764	0	1222	37	16	42
5	14347	465	138	47	20272	70	6	48	500	28	21	8	31
6	3650	698	47	18	290	7352	9	43	100	10	25	4	11
7	1400	202	91	17	30	11	353	2673	0	9	13	1	23
8	1740	189	57	283	57	19	488	12331	0	257	197	5	44
9	2177	419	39	16	244	42	6	33	14200	6	3	6	19
10	559	26	5	68	18	5	0	130	0	20799	571	797	565
11	649	30	8	14	18	2	2	248	0	1876	22424	2480	185
12	193	7	2	3	6	0	1	15	0	991	746	11328	1002
13	176	13	2	2	9	1	1	7	0	335	101	442	21972
14	124	8	0	2	2	0	0	8	0	103	66	446	4564
15	121	3	4	3	6	0	0	8	0	39	55	254	1618
16	60	5	2	0	1	0	0	0	0	21	17	35	778
17	540	33	8	11	26	3	0	0	0	5	5	0	41
18	1171	62	10	10	290	0	0	10	500	5	8	1	28
19	1767	81	11	5	473	5	2	19	0	2	3	0	20
20	624	15	8	0	28	0	0	6	0	1	4	0	15
21	2312	223	60	85	436	10	1	58	0	24	18	2	38
22	402	24	3	7	9	2	1	8	0	57	16	5	15
23	130	5	0	4	12	1	1	3	0	38	5	4	6
24	177	17	2	3	6	0	1	0	0	6	3	10	6
25	487	31	21	65	20	1	1	8	0	1533	37	14	140

ACTUAL TRIP MATRIX

ZONE	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1779	1396	479	1651	1100	955	568	1048	1641	1353	681	1165
2	11	3	0	56	0	97	10	28	22	5	8	14
3	5	1	1	12	0	14	1	4	7	0	0	0
4	4	3	2	22	0	64	4	24	17	4	0	239
5	6	4	0	93	500	260	18	158	30	5	2	11
6	3	2	2	7	0	26	3	12	3	4	1	3
7	0	2	0	9	0	5	0	3	2	0	1	1
8	10	11	0	20	0	9	4	17	33	3	3	18
9	2	4	0	48	300	33	4	10	4	4	1	9
10	100	10	4	14	0	5	1	7	33	5	0	269
11	101	15	6	1	0	9	1	4	13	4	1	21
12	449	27	1	1	0	7	0	0	5	0	4	10
13	1002	198	34	9	0	7	3	3	9	8	2	18
14	9107	272	42	0	0	3	0	4	6	2	1	17
15	1881	12996	700	1	0	0	0	3	8	1	2	8
16	236	1425	10151	2	0	0	0	3	0	2	2	3
17	3	1	0	20867	1800	205	74	27	16	7	5	4
18	2	2	0	3100	19400	454	61	16	9	1	1	1
19	3	4	2	1673	2200	13343	109	935	78	6	133	16
20	2	1	0	2790	1300	287	6127	8	5	0	2	1
21	9	3	1	81	0	460	10	24577	1508	34	724	314
22	8	12	2	29	0	20	4	57	27172	521	68	199
23	4	2	1	15	0	7	2	37	4782	17569	52	75
24	0	1	0	6	0	11	4	94	2516	289	7658	28
25	9	9	2	17	0	24	0	367	1343	31	14	12163



TRANSPORT COST MATRIX

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	20	25	35	30	30	40	45	55	35	60	65	95	75	100	130	165	85	70	70	100	60	90	115	100	65
2	25	15	30	30	30	25	55	55	30	60	65	95	75	100	130	165	80	65	70	95	65	95	120	105	65
3	35	30	20	30	55	40	35	55	55	60	65	95	75	100	130	165	105	90	95	120	85	90	115	120	65
4	30	30	30	15	45	45	35	30	55	35	40	70	50	75	105	140	105	85	85	115	60	65	90	95	40
5	30	30	55	45	20	50	70	70	35	75	80	110	90	115	145	180	70	45	45	75	40	70	95	110	80
6	40	25	40	45	50	20	75	75	45	80	85	115	95	120	150	185	100	85	90	115	85	110	135	125	85
7	45	55	35	35	70	75	20	25	80	75	50	80	80	90	120	155	135	115	115	145	90	95	120	125	65
8	55	55	55	30	70	75	25	20	80	45	30	60	60	70	100	135	130	110	110	145	85	80	105	110	55
9	35	30	55	55	35	45	80	80	20	85	90	120	100	125	155	190	55	40	55	70	70	100	125	105	90
10	60	60	60	35	75	80	75	45	85	20	35	40	25	50	80	115	125	115	90	130	65	50	75	80	25
11	65	65	65	40	80	85	50	30	90	35	20	35	45	45	75	110	145	120	115	155	90	75	100	105	50
12	95	95	95	70	110	115	80	60	120	40	35	20	40	35	65	100	160	150	125	165	100	85	110	115	60
13	75	75	75	50	90	95	30	60	100	25	45	40	20	30	60	95	145	130	110	150	85	70	95	100	45
14	100	100	100	75	115	120	90	70	125	50	45	35	30	15	35	70	170	155	135	175	110	95	120	125	70
15	130	130	130	105	145	150	120	100	155	80	75	65	60	35	20	40	200	185	165	205	145	130	155	160	105
16	165	165	165	140	180	185	155	135	190	115	145	160	145	70	40	20	235	220	200	240	175	160	185	190	135
17	85	80	105	105	70	100	135	130	55	125	110	100	95	170	200	235	20	30	40	35	65	95	120	85	105
18	70	65	90	85	45	85	115	110	40	115	120	150	130	155	185	220	30	20	30	35	55	85	110	80	95
19	70	70	70	45	75	105	140	135	55	125	110	100	95	170	200	235	40	30	20	45	30	60	85	55	70
20	100	100	100	75	115	120	90	70	125	50	45	35	30	15	35	70	170	155	135	175	110	95	120	125	70
21	60	65	85	80	40	85	115	110	40	115	120	150	130	155	185	220	30	20	30	35	55	85	110	80	95
22	90	95	110	105	70	100	135	130	55	125	110	100	95	170	200	235	40	30	20	45	30	60	85	55	70
23	115	120	115	90	45	135	120	105	125	75	100	110	95	175	205	240	35	35	45	20	70	85	90	55	110
24	100	105	120	95	110	125	125	110	105	80	105	115	100	125	160	190	85	80	55	70	45	35	60	45	45
25	65	65	65	40	80	85	65	55	90	25	50	60	45	70	105	135	105	95	70	110	45	30	55	60	15





## WORKING PAPERS

- \*1 "Un modello urbano a larga scala per l'area metropolitana di Torino", *gennaio 1981*
- \*2 "Metodologie per la pianificazione dei parchi regionali", *gennaio 1981*
- \*3 "A Large Scale Model for Turin Metropolitan Area", *maggio 1981*
- 4 "An Application to the Ticino Valley Park of a Mathematical Model to Analyse the Visitors Behaviour", *luglio 1981*
- 5 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: la calibrazione del modello", *settembre 1981*
- 6 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: l'uso del modello", *settembre 1981*
- \*7 "Un'analisi delle relazioni esistenti tra superficie agricola utilizzata ed alcune principali grandezze economiche in un gruppo di aziende agricole piemontesi al 1963 e al 1979", *settembre 1981*
- 8 "Localizzazione ottimale dei servizi pubblici, con esperimenti sulle scuole dell'area torinese", *settembre 1981*
- 9 "La calibrazione di un modello a larga scala per l'area metropolitana di Torino", *ottobre 1981*
- 10 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: l'individuazione di un indicatore di beneficio per gli utenti ed una analisi di sensitività su alcuni parametri fondamentali", *ottobre 1981*
- 11 "La pianificazione dell'uso ricreativo di aree naturali: il caso del parco della Valle del Ticino", *novembre 1981*
- \*12 "The Recreational Planning of Country Parks: the Case Study of the Ticino Valley Park", *marzo 1982*
- 13 "Alcuni aspetti della calibrazione di un modello dinamico spazializzato: il caso del modello dell'area metropolitana torinese", *settembre 1982*
- \*14 "L'applicazione di un modello dinamico a larga scala per l'area metropolitana di Torino: la calibrazione", *novembre 1982*
- 15 "Modello commerciale Piemonte", *novembre 1982*
- 16 "Resource allocation in multi-level spatial health care systems: benefit maximisation", *dicembre 1982*
- 17 "Relazione sulla struttura e sulla dinamica del settore elettromeccanico piemontese", *dicembre 1982*
- 18 "Evoluzione della finanza locale in Piemonte e in Italia 1977 - 1981", *febbraio 1983*
- 19 "Un metodo per l'analisi di scenari multidimensionali in ordine alle relazioni tra domanda di trasporto e variabili strutturali dei sistemi economici e territoriali", *febbraio 1983*
- 20 "Modello commerciale Piemonte", *marzo 1983*
- 21 "Calibrating the residential location submodel of the simulation model for the Turin metropolitan area", *giugno 1983*
- 22 "Dinamiche spaziali dell'area metropolitana di Torino negli ultimi tre decenni", *giugno 1983*
- 23 "Struttura economica delle imprese del dettaglio alimentare in Piemonte - prime valutazioni", *luglio 1983*
- 24 "The dynamics of Turin metropolitan area: a model for the analysis of the processes and for the policy evaluation", *agosto 1983*







**ires**

ISTITUTO RICERCHE ECONOMICHE - SOCIALI DEL PIEMONTE  
VIA BOGINO 21 10123 TORINO